

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Úpravy organizace a řízení dopravy na
křižovatce Závodní – Moravská v Ostravě
Hrabůvce**

***Modifications of Organization and Controlling of
Traffic on Intersection Závodní – Moravská in
Ostrava – Hrabůvka***

Student:

Aleš Mynařík

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání bakalářské práce

Student: **Aleš Mynařík**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R002 Dopravní technika**
Téma: **Úpravy organizace a řízení dopravy na křižovatce Závodní – Moravská v Ostravě-Hrabůvce**
Modifications of Organization and Controlling of Traffic on Intersection Závodní – Moravská in Ostrava-Hrabůvka

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Práce bude obsahovat potřebné dopravní průzkumy (intenzity vozidel, tramvají a chodců), vč. měření rychlostí vozidel. Cílem bude navrhnout úpravy organizace a řízení dané křižovatky za účelem zvýšení plynulosti a bezpečnosti provozu. Návrhy budou doplněny kapacitními výpočty a výkresovou dokumentací.

Osnova:

1. Úvod
2. Popis dané křižovatky, dopravní průzkumy
3. Analýza dopravní nehodovosti a konfliktních situací
4. Návrhy úprav organizace a řízení (výpočty, výkresová dokumentace)
5. Zhodnocení návrhů
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Křivda, V. Základy organizace a řízení silniční dopravy. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. 170 s. ISBN 80-248-1253-3

Technické podmínky TP 81. Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu. Brno: CDV, Ministerstvo dopravy České republiky, 1996. 111 s. ISBN 80-902141-2-6

Technické podmínky TP 188. Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek. Liberec: EDIP. Nakladatelství Koura publishing. 2007, 64 s. ISBN 978-80-902527-6-9

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivana Olivková, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2010

.....

Aleš Mynařík

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2010

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Aleš Mynařík

Adresa trvalého pobytu autora práce: E-Rošického 1067, Ostrava – Svinov.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MYNAŘÍK, A. Úpravy organizace a řízení dopravy na křižovatce Závodní – Moravská v Ostravě – Hrabůvce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2010, 62 s. Vedoucí práce: Olivková, I.

Bakalářská práce se zabývá úpravou organizace a řízení dopravy křižovatky Závodní – Moravská v Ostravě – Hrabůvce. Obsahuje návrh stavebních úprav a světelného signalizačního zařízení. Předkládaná práce obsahuje popis dané křižovatky, analýza nehodovosti, kapacitní výpočty, návrh světelného signalizačního zařízení a zhodnocení návrhů z hlediska bezpečnostního a ekonomického.

MYNAŘÍK, A. Modifications of Organization and Controlling of Traffic on Intersection Závodní – Moravská in Ostrava – Hrabůvka. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of transport, 2010, 62 p. head Olivková, I.

This bachelor thesis deals with modifications of organization and traffic control on intersection Závodní – Moravská in Ostrava – Hrabůvka. It includes a project of building solutions and light signaling devices. This Bachelor thesis also contains a description of the intersection, accident analysis, capacity calculations, design of light signaling devices and evaluation regarding safety and economical point of view.

OBSAH

strana

ÚVOD.....	10
1. POPIS VYBRANÉ KŘÍŽOVATKY.....	11
1.1 Popis a umístění křižovatky Závodní – Moravská.....	11
1.2 Charakteristika neřízené křižovatky.....	12
1.3 Dopravní průzkum křižovatky Závodní – Moravská	12
1.4 Vyhodnocení směrového dopravního průzkumu	15
2. ANALÝZA DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI A KONFLIKTNÍCH SITUACÍ.....	17
2.1 Dopravní nehodovost křižovatky Závodní - Moravská.....	17
2.2 Popis sledovací metody	17
2.3 Popis a značení konfliktních situací.....	18
3. NÁVRH ÚPRAV ORGANIZACE A ŘÍZENÍ DANÉ KŘÍŽOVATKY.....	21
3.1 Návrh stavebních úprav křižovatky Závodní – Moravská.....	21
3.1.1 Základní vybrané pojmy a definice.....	21
3.1.2 Úroveň kvality dopravy na křižovatce Závodní – Moravská.....	22
3.1.3 Výpočet kapacity křižovatky Závodní – Moravská.....	24
3.1.4 Návrh a výpočet stavebních úprav křižovatky Závodní – Moravská.....	37
3.2 Návrh světelného signalizačního zařízení.....	41
3.2.1 Základní vybrané pojmy a definice.....	41
3.2.2 Fázové schéma křižovatky Závodní – Moravská.....	44
3.2.3 Návrh signálního plánu.....	49
4. ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ.....	56
4.1 Ekonomické zhodnocení návrhu č. 1.....	56
4.2 Ekonomické zhodnocení návrhu č. 2.....	57
4.3 Ekonomické zhodnocení návrhu č. 3.....	58
4.4 Výběr nejvhodnějšího návrhu.....	60
5. ZÁVĚR.....	61
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$a_v [-]$	.....	stupeň vytižení
$C [s]$	.....	délka cyklu
$C_n [j.v./h]$	.....	skutečná kapacita dopravního proudu
$C_v [s]$	.....	výpočtová délka cyklu
$G_n [j.v./h]$	.....	základní kapacita dopravního proudu
$I_H [voz/h]$	.....	rozhodující intenzita
$I_n [j.v./h]$	.....	intenzita dopravního proudu
$j.v.$	.....	jednotkové vozidlo
$j.v./h$	.....	jednotkové vozidlo za hodinu
$K_i [j.v./h]$	.....	kapacita vjezdu
$k_{ch} [-]$	.....	koeficient chodců
$k_n [-]$	.....	koeficient počtu řadících pruhů
$k_{nár} [-]$	.....	nárůstový koeficient
$k_{odb} [-]$	.....	koeficient odbočujících vozidel
$k_R [-]$	.....	koeficient poloměru odbočování
$k_s [-]$	.....	koeficient sklonu
$k_{\xi} [-]$	.....	šířkový koeficient
$L_n [m]$	.....	najížděcí dráha
$L_v [m]$	.....	vyklizovací dráha
$l_i [m]$	.....	délka řadícího pruhu
$l_u [m]$	.....	délka rozšířeného vjezdu
$l_{voz} [m]$	.....	délka vyklizovacího vozidla

M [j.v./h]	výpočtové fiktivní zatížení
MHD	městská hromadná doprava
$N_{95\%}$ [m]	délka fronty
n [-]	počet řadících pruhů
$p_{0,n}$ [-]	pravděpodobnost nevzdutého stavu
q [j.v./s]	intenzita podřazeného dopravního proudu (sekundová intenzita)
q_0 [j.v./s]	intenzita podřazeného dopravního proudu po špičkové hodině
Rez [j.v./h, %]	rezerva kapacity
S [j.v./h]	saturovaný tok
SSZ	světelné signalizační zařízení
TP	technické podmínky
t_b [s]	bezpečnostní doba
t_f [s]	následná mezera
t_g [s]	kritická mezera
t_m [s]	mezičas mezi fázemi
t_n [s]	najížděcí doba
t_v [s]	vyklizovací doba
t_w [s]	střední doba zdržení
ÚKD	úroveň kvality dopravy
v_n [m/s]	najíždějící rychlost
v_v [m/s]	vyklizovací rychlost
z_i [s]	délka zelené
μ_0 [j.v./s]	kapacita v čase po špičkovém intervalu

Úvod

Historie silniční dopravy, resp. výstavby veřejné komunikační sítě, je stejně stará jako historie stavby měst, neboť ulice, náměstí a veřejné prostory sloužily odedávna k dopravě osob a nákladů. Silniční doprava, využívající již dopravních prostředků jako jsou např. automobily, však patří k nejmladším a zároveň nejrychleji se rozvíjejícím odvětvím dopravy [1]. Z hlediska energetické a finanční náročnosti patří k relativně nákladnému způsobu dopravy. Její výhodou, oproti ostatním druhům dopravy, je její flexibilita a schopnost se dostat na mnoho míst, kde např. nevede železnice. Proto je tato doprava velmi žádaná. Mezi její nevýhody však patří znečišťování životního prostředí, na které je v současné době kladen velký důraz, což vede ke snahám ji omezit.

Silniční doprava je charakteristická svou nejvyšší nehodovostí, čímž se řadí mezi nejméně bezpečné odvětví v dopravě. Mezi nejčastější příčiny dopravních nehod patří zavinění ze strany řidiče dopravního prostředku od nepřiměřené rychlosti, nedání přednosti v jízdě, jízdě pod vlivem alkoholu nebo jiných psychotropních látek, bezohlednost, neznalost pravidel silničního provozu, atd. Důvodem vzniku dopravních nehod lze také z části považovat i stav komunikace nebo organizace a řízení silničního provozu. Mnohé křižovatky dnes už nevyhovují požadavkům, které jsou na ně, díky stálému zvyšování intenzity silničního provozu, kladeny. V tomto případě jsou vhodnou variantou řešení patřičné stavební úpravy nebo změna organizace a řízení dopravy.

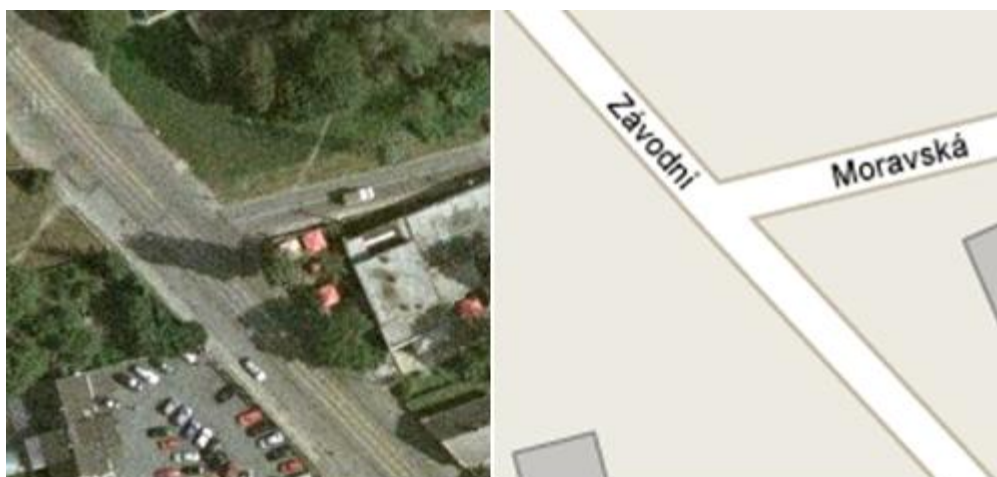
Tato bakalářská práce se bude zabývat úpravami organizace a řízení dopravy na křižovatce Závodní – Moravská v Ostravě Hrabůvce, za účelem zvýšení plynulosti a bezpečnosti provozu.

1 Popis vybrané křižovatky

1.1 Popis a umístění křižovatky Závodní – Moravská

Křižovatka se nachází v Ostravě Hrabůvce, na průniku ulice Závodní a ulice Moravská. V její těsné blízkosti se nachází pneuservis K&K Pneu a Restaurace U Chýlků. Ulice Závodní má svůj počátek na křižovatce s ulicí Ruská u Multifunkční haly ČEZ Aréna, dále pokračuje kolem Městského stadionu SSK Vítkovice, kde se kříží s ulicí Rudná, poté pokračuje kolem Vlakového nádraží Ostrava – střed, vítkovického hřbitova a je zakončena na křižovatce s ulicí Provaznická. Jedná se o místní komunikaci I. třídy. Ulice Moravská začíná při sjezdu z Místecké ulice u SOŠD a SOU, Ostrava Vítkovice, poté je přerušena na křižovatce s ulicí Závodní. Po zhruba 50 m dále pokračuje k ÚMOB Ostrava – Jih, kde je ukončena na křižovatce s ulicí Plzeňská. Ulice Moravská je místní komunikace II. třídy.

Jedná se o úrovnňovou, neřízenou, stykovou křižovatku rozlišenou dopravními značkami. Hlavní pozemní komunikace (komunikace s předností v jízdě) je ulice Závodní, na kterou navazuje vedlejší ulice (komunikace, na které vozidla dávají přednost v jízdě vozidlům jedoucích po hlavní komunikaci) Moravská. Středem hlavní pozemní komunikace vede tramvajový pás využívaný městskou hromadnou dopravou – tramvajovými linkami (3, 19). Přes křižovatku je vedena také autobusová doprava MHD – autobusovými linkami (24, 42, 96) [2].



Obr. č. 1 Pohled na křižovatku Závodní-Moravská [3]

1.2 Charakteristika neřízené křižovatky

Tento typ křižovatky je dominantním typem na komunikační síti, mezi nejčastější patří křižovatky s vyznačenou předností v jízdě, a to stykové a průsečné.

Jejich kapacita je poměrně limitovaná, velice orientačně lze uvažovat hranici kapacity sumou všech vjezdů 1200 – 1800 voz/h (u výrazně převažujících intenzit v hlavních směrech při nízkých intenzitách na vedlejších vjezdech až do hodnoty 2000 voz/h). Skutečné hodnoty kapacity závisí na rozdělení intenzit dopravy do jednotlivých dopravních proudů, skladbě dopravního proudu, intenzitě chodců, geometrickém uspořádání křižovatky a rychlosti jízdy na hlavní komunikaci. Zvýšení kapacity neřízených křižovatek lze dosáhnout například[4]:

- přidáním pruhu(ů) na vjezdu z vedlejší komunikace,
- rozšířením společného pruhu na vjezdu z vedlejší komunikace (možnost řazení vozidel vedle sebe),
- přidáním samostatného pruhu pro levé odbočení z hlavní pozemní komunikace,
- znemožněním některých křižovatkových pohybů (nejefektivnější je znemožnění levého odbočení),
- snížením rychlosti jízdy na hlavní komunikaci, příp. zlepšením rozhledových podmínek,
- rekonstrukcí na okružní křižovatku nebo řízení pomocí SSZ [4]

1.3 Dopravní průzkum křižovatky Závodní – Moravská

Při dopravních průzkumech sledujeme mimo jiné také skladbu dopravního proudu. Skladbou dopravního proudu rozumíme zastoupení jednotlivých druhů dopravních prostředků v dopravním proudu. Dopravní prostředky, pro účely dopravního průzkumu a jeho následné vyhodnocování, dělíme do jednotlivých skupin především podle potřeby průzkumu či kapacitního výpočtu.

Stejnorodé složení dopravního proudu v silničním provozu je problém vyskytující se především v případech, kdy je zapotřebí co nejpřesněji určit kapacitu sledované pozemní komunikace, křižovatky atp. Touto problematikou se zabývají odborníci již mnoho let, lze říci, desítek let. Vlastnosti dopravních prostředků (rozměrové, jízdní, ...), vyskytujících se v dopravním proudu, se však stále mění (některé z nich zdokonalují) a je tedy třeba se tímto problémem stále zabývat a potřebné propočty upřesňovat.[4]

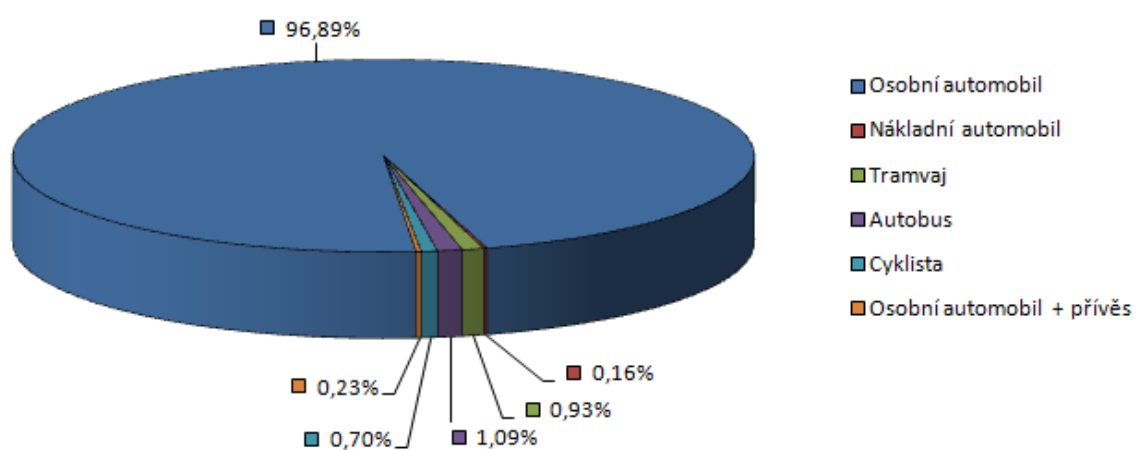
Při kapacitních výpočtech je přínosné, výpočet zjednodušující, máme-li sledovaný dopravní proud pokud možno stejného složení. To samozřejmě v běžném provozu (až na výjimky) není reálné, a tudíž se používá přepočtů vozidel na tzv. „jednotková vozidla“. Jednotkové vozidlo je tedy srovnávací výpočetní jednotka, vyjadřující vliv různých druhů vozidel v dopravním proudu. Jinak řečeno, jednotkové vozidlo vyjadřuje průměrný osobní automobil s jeho průměrnými rozměry a pohybovými možnostmi, charakterizovanými hodnotami zrychlení, zpomalení, průběhy rychlostí apod. a s jeho prostorovými potřebami. Ostatní druhy vozidel jsou určeny porovnávacími, přepočítávacími koeficienty, které charakterizují rozdíl mezi prostorovými a pohybovými možnostmi osobních automobilů a dalších druhů vozidel. Přepočtový koeficient tedy určuje, kolika osobním vozidlům odpovídá vozidlo jiného druhu [4]. V tabulce č. 1.2 jsou zobrazeny používané přepočtové koeficienty.

Na obrázku číslo 2 lze vidět procentuální strukturu projíždějících dopravních prostředků za hodinu křižovatkou Závodní – Moravská. Z velké části se jedná o osobní automobily (96,89%), poté následují prostředky MHD (2,02%). Zbylou skladbu intenzity proudu tvoří cyklisté, nákladní automobily a osobní automobily s přívěsem. Hodnoty dopravního průzkumu a označení místa, ze kterého bylo provedeno měření, jsou uvedeny v příloze A.

Tabulka č. 1.1 Počet projíždějících dopravních prostředků

Druh dopravního prostředku	Počet
Osobní automobil	1247
Tramvaj	12
Autobus	14
Nákladní automobil	3
Cyklista	5
Osobní automobil + přívěs	2

Struktura projíždějících dopravních prostředků



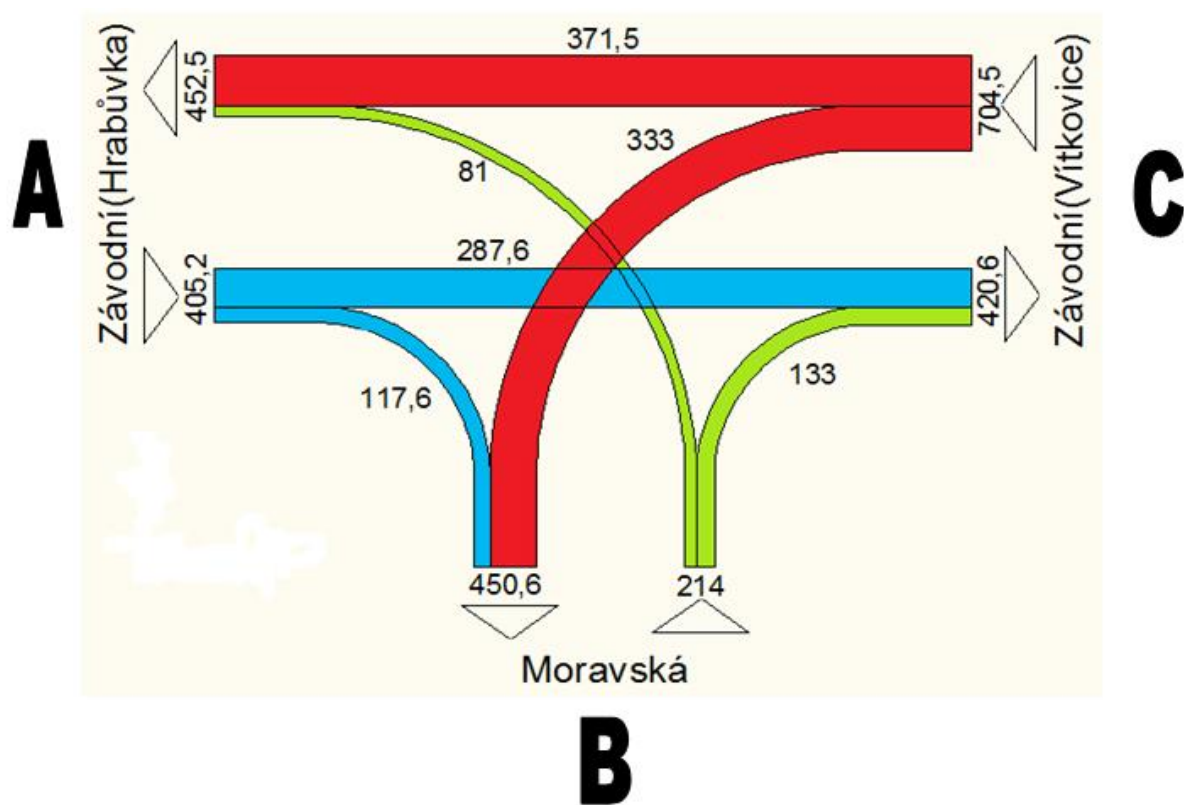
Obr. č. 2 Graf struktury intenzity provozu

Tabulka č.1.2 Přepočtové koeficienty [4]

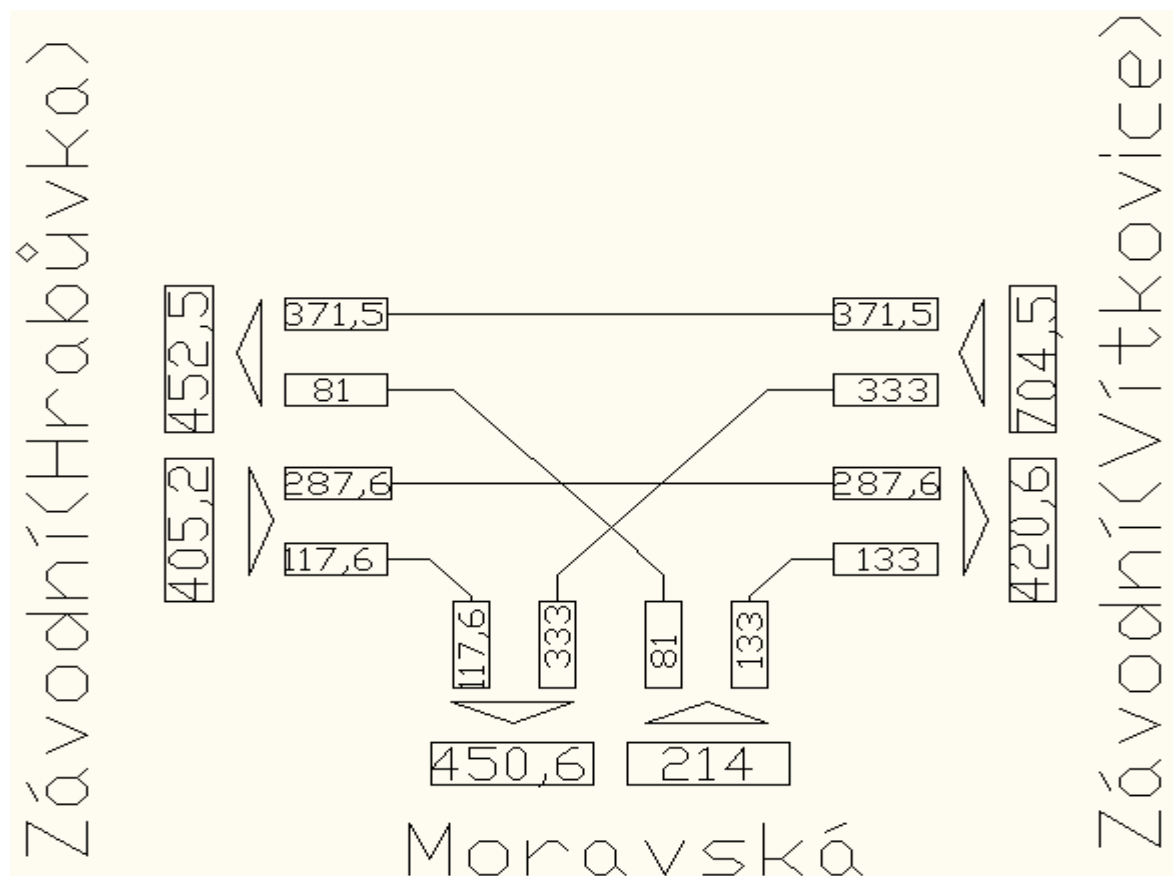
Jízdní kolo	0,3 j.v.
Motocykl	0,5 j.v.
Osobní automobil	1,0 j.v.
Nákladní automobil (sólo)	2,0 j.v.
Osobní automobil + přívěs	
Traktor (sólo)	
Autobus	
Nákladní automobil + návěs	3,0 j.v.
Tramvaj (sólo)	
Trolejbus	
Nákladní automobil + přívěs	4,0 j.v.
Kloubový autobus	
Traktor + přívěs	
Nákladní automobil + návěs + přívěs	5,0 j.v.
Speciální vozidlo	5,5 j.v.

1.4 Vyhodnocení směrového dopravního průzkumu

Pro přehledné znázornění vypočtených hodnot dopravního průzkumu nám slouží nástroje jako jsou pentlogram a kartogram. Zobrazují všechny směry, které mohou dopravní prostředky na komunikaci využít. Znázorňují také hodnotu intenzity směrového dopravního proudu. Z následujícího pentagramu lze vyčíst, že nejvytíženější rameno má hodnotu 371,5 j.v./ h, jedná se o ulici Závodní ve směru od Vítkovic. Tímto směrem navíc projede největší množství dopravních prostředků 704,5 j.v./ h. Nejméně využívaný způsob projetí křižovatkou je odbočení z ulice Moravská doleva, na ulici Závodní směr Hrabůvka 81 j.v./ h.



Obr. č. 2 Pentlogram křižovatky Závodní - Moravská



Obr. č. 3 Kartogram křižovatky Závodní – Moravská

2 Analýza dopravní nehodovosti a konfliktních situací

2.1 Dopravní nehodovost křižovatky Závodní – Moravská

Na křižovatce Závodní – Moravská se v roce 2008 stalo 5 nehod, při kterých byla způsobena hmotná škoda celkem 195 tisíc Kč. V roce 2009 to byly 2 nehody, při kterých byla lehce zraněna jedna osoba a způsobena hmotná škoda v hodnotě 220 tisíc Kč [8].

2.2 Popis sledovací metody

Pro vyhodnocení konfliktních situací na křižovatce Závodní – Moravská jsem použil metodu nazývanou Folprechtova videoanalýza konfliktních situací. Tato metoda mi byla doporučena pomocným konzultantem Ing. Vladislavem Křivdou, Ph.D.

Roku 1968 vyvinuli S. R. Perkins a J. I. Hartus, pracovníci firmy General Motors, metodu sledování konfliktních situací na křižovatkách. Byl to jednoduchý postup, spočívající ve vizuálním pozorování a záznamu situací, odehrávajících se na vstupních ramenech křižovatek. Prováděl se z „pozorovacího vozidla“, umístěného na chodníku 30 až 100 metrů před zaústěním příslušného ramene do vlastního prostoru křižovatky. Zaznamenávány byly takové situace, kdy došlo buď k prudkému zabrzdění (evidovaného rozsvícením brzdových světel), nebo k prudkému vybočení z jízdního pruhu (jízdní dráhy) jednoho z účastníků konfliktu. Šlo tedy v podstatě o pozorování tzv. „skoronehod“ (tj. situací hrozících bezprostředním střetem dvou účastníků provozu) [5].

Touto metodou byl inspirován pan Doc. Ing. Jan Folprecht, Ph.D. A na základě pozorování chování účastníků dopravy vyvinul vlastní metodiku záznamu konfliktních situací, nazývanou Folprechtova videoanalýza konfliktních situací. Metoda spočívá, jak už název napovídá, ve sledování daného místa (křižovatky) pomocí vizuálního nahrávacího zařízení (videokamery, digitální kamery, atp.). Mohli bychom ji rozdělit do tří následujících kroků:

1. Z vhodného místa, nejlépe co nejvýše nad sledovaným objektem, pořídíme videozáznam dané lokality určené k pozorování. Záznam by měl být pořízen v různých časových intervalech. Dále musí být záznam opatřen časovou stopou s přesností minimálně 0,1 sekundy. Vhodné je záznam opatřit také audiozáznamem pro pozdější vyhodnocování.
2. Vyhodnocení obrazového záznamu. Provádí se nejlépe ve více osobách současně (nejlépe tří), pro důkladné posouzení záznamu a souhlasného názoru na pozorované

konfliktní situace. Současně nám videozáznam poslouží k určování základních charakteristik dopravního provozu dané lokality (intenzity a složení dopravních proudů, rychlost, délky fronty, atd.). Sledování by nemělo být pro jednu osobu delší než 3 hodiny z důvodu ztráty koncentrace a únavy. Při pozorování využíváme možnosti obrazového záznamu (zastavování, zpomalování, vrácení), v čemž spočívá hlavní výhoda této sledovací metody.

3. Vyhodnocení získaných dat a návrh opatření. Do půdorysného schématu křižovatky se zakreslí jednotlivé zjištěné konfliktní situace. Podle jejich umístění v pozorované lokalitě a četnosti výskytu, pak můžeme vyvodit způsoby následných opatření, která by uvedeným konfliktním situacím zabránila.[5]

2.3 Popis a značení konfliktních situací

Konfliktními situacemi se rozumí takové okamžiky a situace v silničním provozu, kdy vzniká (nebo může vzniknout) pro některé jeho účastníky větší než obvyklá míra nebezpečí.

Každé dopravní nehodě musí standardní konfliktní situace předcházet. V tomto smyslu lze chápat dopravní nehodu jako důsledek takové konfliktní situace, kdy se nepodařilo míru nebezpečí střetu vozidla s okolím odvrátit. Konfliktní situace jsou tedy potencionální, nehodové situace a jejich typ proto předurčuje typ z toho rezultující dopravní nehody. Z toho vyplývá, že na základě pozorování a analýzy konfliktních situací, lze činit závěry o míře nebezpečnosti dotyčného místa a tedy i činit opatření ke zvýšení bezpečnosti [5].

Doc. Ing. Jan Folprecht, Ph.D, pro co nejširší zachycení rozsahu anomálií v silničním provozu, a to především z hlediska závažnosti pozorovaných situací, zvolil tři stupně závažnosti konfliktních situací.

Nejnižší stupeň náleží situacím, které je možné považovat za potencionální konfliktní situace, tj. kdy jde o porušování dopravních předpisů v té chvíli osamoceným účastníkem dopravy (bez přítomnosti jiných, které by mohla taková akce ohrozit). Druhým stupněm závažnosti se kategorizují situace, kdy lze pozorovat narušení plynulosti provozu – tedy takové pozorovatelné anomálie, které nevyvolávají násilnou reakci dalších účastníků, nicméně váhání, agresivita či prosté chybné jednání je zřejmé a má za následek reakci dalších účastníků. Nejvyšší stupeň tři, je určen konfliktním situacím, kdy jedině prudká úhybná akce, tj. např. ostré brzdění nebo náhlé vybočení z dosavadního směru jízdy, zamezí hrozícímu střetu [5].

Pro zaznamenávání konfliktních situací si Doc. Ing. Jan Folprecht, Ph.D zvolil trojmístný klasifikační symbol složený z písmene, čísla a písmene, popisující účastníky konfliktu, způsob konfliktu a míru závažnosti konfliktu – viz tabulka číslo (2.1, 2.2, 2.3).

Tabulka č. 2.1 Klasifikace podle účastníků (3 tečky znamenají další znak daného symbolu)[5]

Chodec	1
Automobil	2
Tramvaj	3
Chodec x automobil	4
Chodec x tramvaj	5
Automobil x automobil	6
Automobil x tramvaj	7
Tramvaj x tramvaj	8
Jiné	9

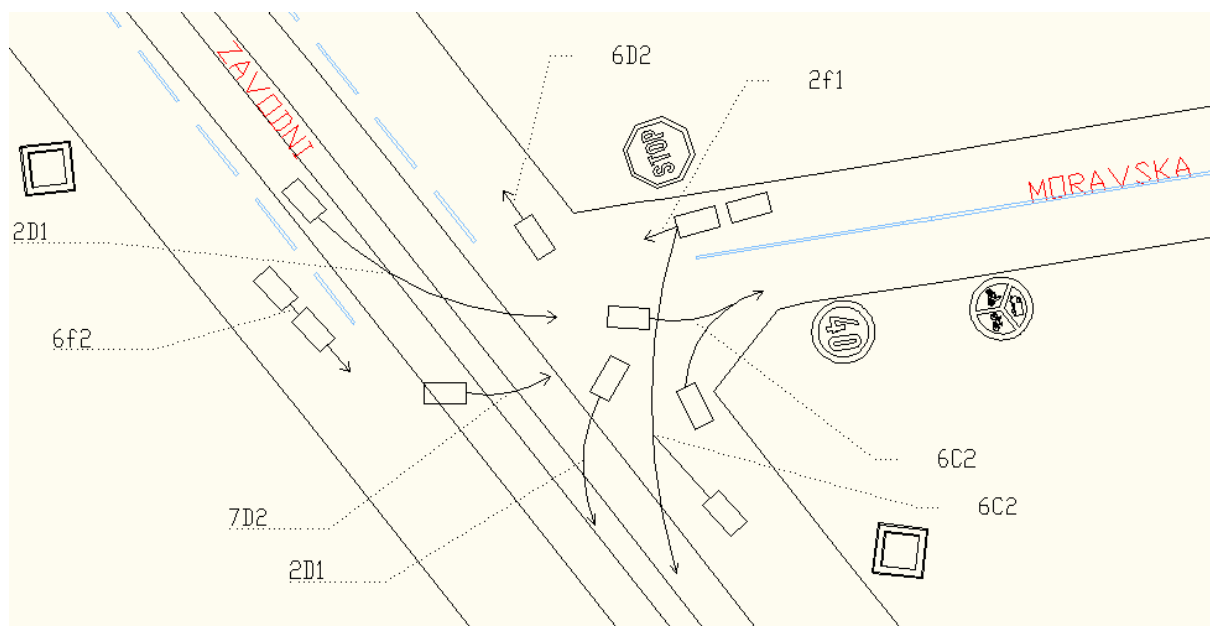
Tabulka č. 2.2 Klasifikace podle způsobu konfliktu (3 tečky znamenají další znak daného symbolu)[5]

Možnost střetu s příčně jedoucím	... A ...
Možnost střetu s protijedoucím	... B ...
Možnost střetu ve stykovém bodě	... C ...
Možnost střetu najetím zezadu	... D ...
Možnost střetu se souběžně jedoucím	... E ...
Možnost střetu vlivem parkov. manévru	... P ...
Možnost střetu vlivem otáčení	... O ...
Vjezd (vstup) na červenou	... č ...
Zavinil chodec	... ch ...
Zavinilo vozidlo	... v ...
Agresivita	... a ...
Pasivita	... p ...
Vlivem fronty na křižovatce	... f ...
Pokyn	... g ...

Tabulka č. 2.3 Klasifikace podle závažnosti (3 tečky znamenají další znak daného symbolu)[5]

Konfliktní situace bez reakce	... .. 1
Konfliktní situace bez násilné reakce	... .. 2
Konfliktní situace s ostrou reakcí	... .. 3
Dopravní nehoda	... .. 4

Na obrázku č. 4 jsou zobrazeny veškeré typy konfliktních situací, které nastaly během hodinového měření v dopravní špičce na křižovatce Závodní – Moravská. Jednotlivé konfliktní situace jsou popsány a zaznamenány podle doby, kdy nastaly v příloze B.



Obr. č. 4 Zanesení konfliktních situací

6D2 – Omezení vozidla při odbočování doprava z vedlejší pozemní komunikace (1x)

2D1 – Jízda po kolejích při odbočení doleva (28x)

6f2 – Omezení vozidla, kvůli vozidla odbočujícího doleva (2x)

7D2 – Při odbočování doleva, nedání přednosti tramvaji (2x)

6C2 – Omezení vozidla při odbočování doleva z vedlejší pozemní komunikace (2x)

2f1 – Vznik fronty vozidel na vedlejší pozemní komunikaci (15x)

3 Návrhy úprav organizace a řízení dané křižovatky

3.1 Návrh stavebních úprav křižovatky Závodní - Moravská

V této kapitole se budu snažit navrhnout takové stavební úpravy křižovatky, které povedou ke zvýšení plynulosti a bezpečnosti provozu.

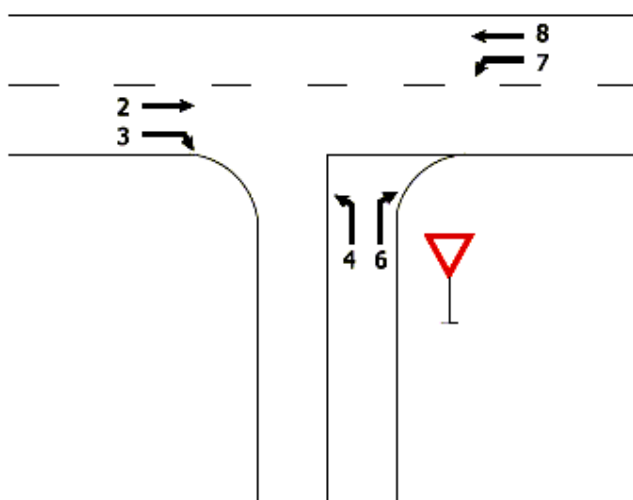
3.1.1 Základní vybrané pojmy a definice

Dopravní proud – je sled vozidel jedoucích v jízdním pruhu za sebou nebo ve dvou či více jízdních pruzích vedle sebe a to vždy v jednom směru.[6]

Jízdní proud – je sled vozidel jedoucích v jedné stopě, tj. v jízdním pruhu za sebou (jedním směrem).[6]

Smíšený proud – je dopravní proud vozidel, který se skládá z dopravních proudů jedoucích různým směrem, ale využívajících jeden společný jízdní (řadící) pruh.[6]

Dopravní proudy můžeme dále rozdělit na dopravní proudy *nadřazené* (tj. dopravní proudy s předností v jízdě) a dopravní proudy *podřazené* (tj. dopravní proudy bez přednosti v jízdě). Další členění je patrné z obr. č. 5 V této souvislosti definujeme tzv. *stupeň podřazenosti dopravních proudů*, což je zařazení dopravních proudů do posloupnosti v závislosti na přednosti v jízdě (viz. tab. č. 3.1).[4]



Obr. č. 5 Označení jednotlivých dopravních proudů na neřízené stykové křižovatce [6]

Tabulka č. 3.1 Určení stupně podřazenosti dopravních proudů podle obr. č. 5 [6] (upraveno)

Stupeň podřazenosti	Charakteristika stupně podřazenosti	Dopravní proudy podle obr. č. 5
1. stupeň	nadřazenost	2+3+8
2. stupeň	Jednoduchá podřazenost dopravnímu proudu 1. stupně	6+7
3. stupeň	Dvojnásobná podřazenost dopravním proudům 1. a 2. stupně	4

3.1.2 Úroveň kvality dopravy na křižovatce Závodní – Moravská

Pro posouzení úrovně kvality dopravy na křižovatce bez řízení dopravy světelnou signalizací je kritériem ztrátový čas vyjádřený střední dobou zdržení jednotlivých podřazených proudů, příp. smíšených proudů.[4]

Pro stanovení závěrů kapacitního posouzení křižovatky je nutné ověřit, zda pro intenzitu dopravního proudu I_n není překročena hodnota střední doby zdržení t_w podle následující podmínky:[4]

$$t_w^n \leq t_w \text{ [s]} \quad (3.1)$$

kde:

t_w^n ... střední doba zdržení vozidel v dopravním proudu n, příp. smíšeném proudu [s]

t_w ... nejvyšší přípustná střední doba zdržení vozidel dle požadovaného stupně úrovně kvality dopravy [s].[4]

Tabulka č. 3.2 Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdech do neřízené křižovatky pro určení úrovně kvality dopravy [6]

Úroveň kvality dopravy (ÚKD)		Střední doba zdržení [s]
Označení	Charakteristika doby zdržení	
A	Doba zdržení je velmi malá	≤ 10 s
B	Zdržení ještě bez front	≤ 20 s
C	Ojedinelé krátké fronty	≤ 30 s
D	Stabilní stav s vysokými ztrátami	≤ 45 s
E	Nestabilní stav	> 45 s
F	Překročená kapacita	*

*) Úroveň kvality dopravy na stupni F je dosaženo při hodnotě stupně vytížení $a_v > 1$.

Stupně úrovně kvality dopravy lze podle (TP 188) charakterizovat následovně:

- Stupeň A ... doba zdržení je velmi malá,
- Stupeň B ... podrázený dopravní proud je ovlivněn; doba zdržení je malá,
- Stupeň C ... doba zdržení je již citelná a vznikají krátké fronty,
- Stupeň D ... fronta vozidel vyvolává výrazné časové ztráty; dopravní situace je však ještě stabilní,
- Stupeň E ... při tomto stupni se již vytváří fronta, která se při existujícím zatížení již nesnižuje; charakteristická je citlivá závislost, kdy pouze malé změny zatížení vyvolávají prudký nárůst ztrát,
- Stupeň F ... kapacita je již překročena; fronta vozidel narůstá bez ohledu na dobu čekání; křižovatka je přetížena v delším časovém intervalu. [4]

Podle ČSN 73 6102 se pro křižovatky na různých typech pozemních komunikací požadují tyto stupně úrovně kvality dopravy:

- dálnice, rychlostní silnice a silnice I. třídy..... stupeň C,
- silnice II. třídy..... stupeň D,
- silnice III. třídy..... stupeň E,
- rychlostní místní komunikace a přechodové úseky..... stupeň D,
- místní komunikace a veřejně přípustné účelové komunikace..... stupeň E. [4]

3.1.3 Výpočet kapacity křižovatky Závodní – Moravská

Samotný výpočet kapacity neřízené úrovně křižovatky a následné posouzení má podle (TP 188) tři základní kroky:

1. Výpočet základní kapacity G_n vedlejších dopravních proudů jako fiktivní hodnoty vyjadřující maximální možnou propustnost příslušného podřízeného dopravního proudu.
2. Výpočet skutečných hodnot kapacity dopravních proudů C_n , která závisí na pravděpodobnosti nevzdutí příslušných nadřazených dopravních proudů p_0 . S klesající hodnotou pravděpodobnosti nevzdutého stavu p_0 klesá rovněž reálná kapacita C_n podřízeného dopravního proudu.
3. Stanovení rezervy kapacity Rez jako rozdíl skutečné kapacity C_n a intenzity I_n , po kterém následuje posouzení úrovně kvality dopravy podle vypočtené hodnoty střední doby zdržení t_w . [4]

Pro každý podřazený dopravní proud je nutno stanovit následující veličiny:

- stanovení stupně podřazenosti,
- stanovení rozhodující intenzity nadřazených proudů,
- výpočet hodnoty kritické časové mezery,
- výpočet hodnoty následné časové mezery. [4]

Výpočet rozhodujících intenzit nadřazených dopravních proudů

Základním parametrem při výpočtu základní kapacity vedlejších dopravních proudů na neřízené křižovatce je tzv. *rozhodující intenzita*. Podle doporučení (TP 188) se intenzity nadřazených proudů používají v hodnotách nepřečtených, tj. skutečných počtech vozidel. Hodnota rozhodující intenzity nadřazených dopravních proudů je závislá jednak na typu křižovatky a jednak na konkrétním podřazeném dopravním proudu. [4]

Tabulka č. 3.3 Součet intenzit nadřazených dopravních proudů na stykové křižovatce [4]

Podřazený proud	Číslo	Součet intenzit nadřazených dopravních proudů (voz/h)
Levé odbočení z hlavní	7	$I_2 + I_3$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2^{2)} + 0,5 * I_3^{1)}$
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_2 + 0.5 * I_3^{1)} + I_8 + I_7$
¹⁾ Pokud má dopravní proud 3 samostatný jízdní pruh $I_3 = 0$		
²⁾ Když má dopravní proud 2 dva jízdní pruhy, použije se intenzita dopravního proudu pro pravý jízdní pruh $I_2/2$		

- pro levé odbočení z hlavní pozemní komunikace (dopravní proud č. 7)

$$I_{H7} = I_2 + I_3 \quad [\text{voz/h}] \quad (3.2)$$

$$I_{H7} = 268 + 119$$

$$I_{H7} = 387 \text{ [voz/h]}$$

- pro pravé odbočení z vedlejší pozemní komunikace (dopravní proud č. 6)

$$I_{H6} = I_2 + 0,5 * I_3 \quad [\text{voz/h}] \quad (3.3)$$

$$I_{H6} = 268 + 0,5 * 119$$

$$I_{H6} = 328 \text{ [voz/h]}$$

- pro levé odbočení z vedlejší pozemní komunikace (dopravní proud č. 4)

$$I_{H4} = I_2 + 0.5 * I_3 + I_8 + I_7 \quad [\text{voz/h}] \quad (3.4)$$

$$I_{H4} = 268 + 0,5 * 119 + 354 + 332$$

$$I_{H4} = 1014 \text{ [voz/h]}$$

Stanovení kritických odstupů [4]

Velikost střední hodnoty kritické mezery se určuje podle druhu dopravního proudu a podle rychlosti $v_{85\%}$ (je rychlostní charakteristika dopravního proudu, která vyjadřuje rychlost v km/h, kterou nepřekračuje 85% vozidel), která je stanovena na hlavní pozemní komunikaci sledované křižovatky. Střední hodnota kritické mezery se označuje symbolem t_g .

Funkce stanovující hodnotu kritické mezery t_g má své meze platnosti pro rychlosti v intervalu 30 až 90 km/h. Pro vybrané rychlosti je střední hodnota kritické mezery t_g vypočítána tak, jak je uvedeno v tab. č. 3.4.

Tabulka č. 3.4 Střední hodnoty kritických časových odstupů t_g pro vybrané hodnoty rychlosti jízdy na hlavní komunikaci [6]

Dopravní proud	Rychlost jízdy na hlavní komunikaci $v_{85\%}$ [km/h] – v [s]			
	30	50	70	90
7	4	4,5	4,9	5,3
6	3,9	4,7	5,5	6,2
4	5,9	6,3	6,7	7,2

Pro dopravní proudy č. 4, 6 a 7 byly určeny hodnoty z rychlosti 50 km/h na hlavní pozemní komunikaci, viz. tab. 3.4.

- Dopravní proud č. 4:

$$t_{g4} = 6,3 \quad [s]$$

- Dopravní proud č. 6

$$t_{g6} = 4,7 \quad [s]$$

- Dopravní proud č. 7

$$t_{g7} = 4,5 \quad [s]$$

Stanovení následných odstupů [4]

Pro určení střední hodnoty následných odstupů t_f je rozhodující jednak opět druh dopravního proudu a jednak konkrétní úprava přednosti v jízdě na vedlejší pozemní komunikaci (tzn. je – li zde použita svislá dopravní značka č. P 4 „Dej přednost v jízdě!“ nebo č. P 6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“). Velikosti středních následných mezer podle (TP 188) uvádí tab. č. 3.5.

Tabulka č. 3.5 Střední hodnota následných časových odstupů t_f [6]

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	t_f [s]	
		P4	P6
levé odbočení z hlavní	7	2,6	
pravé odbočení z vedlejší	6	3,1	3,7
levé odbočení z vedlejší	4	3,5	4,1

Určené střední hodnoty následných časových odstupů pro dopravní proudy č. 4, 6 a 7 dle tabulky č. 3.5:

- Dopravní proud č. 4

$$t_{f4} = 4,1 \quad [s]$$

- Dopravní proud č. 6

$$t_{f6} = 3,7 \quad [s]$$

- Dopravní proud č. 7

$$t_{f7} = 2,6 \quad [s]$$

Výpočet základní kapacity dopravních proudů [4]

Základní kapacita dopravních proudů G_n je maximální počet vozidel z podřazeného dopravního proudu, která mohou projet křižovatkou v časové mezeře mezi vozidly nadřazených dopravních proudů.

Základní kapacita se pak určuje v závislosti na stupni podřízenosti. V případě dopravních proudů 1. stupně se kapacita těchto dopravních proudů rovná kapacitě volně se pohybujících dopravních proudů. Obecně se udává hodnotou 1800 j.v./h. [4]

Pro kapacitu dopravních proudů 2. stupně platí rovnost se základní kapacitou, tzn.:

$$C_n = G_n \quad (3.5)$$

Kapacita dopravních proudů 3. a 4. stupně bývá vždy nižší než základní kapacita vlivem nadřazených proudů, u kterých s rostoucím stupněm vytížení roste přímo úměrně pravděpodobnost výskytu vzniku fronty vozidel. Pro dopravní proudy 3. stupně podřazenosti se pak zohledňuje tzv. pravděpodobnost nevzdutí dopravních proudů 2. stupně.

Základní kapacita dopravního proudu G_n se podle (TP 188) určí ze vztahu:

$$G_n = \frac{3600}{t_f} \times e^{-\frac{I_H}{3600} \times (t_g - \frac{t_f}{2})} \quad [\text{j.v./h}] \quad (3.6)$$

kde: t_g ... kritický odstup [s],

t_f ... následný odstup [s],

I_H ... rozhodující intenzita nadřazených proudů.

- Základní kapacita dopravního proudu č. 4

$$G_4 = \frac{3600}{t_{f4}} \times e^{-\frac{I_{H4}}{3600} \times (t_{g4} - \frac{t_{f4}}{2})} \quad [\text{j.v./h}] \quad (\text{viz. 3.6})$$

$$G_4 = \frac{3600}{4,1} \times e^{-\frac{1014}{3600} \times (6,3 - \frac{4,1}{2})}$$

$$G_4 = 265,3 \quad [\text{j.v./h}]$$

- Základní kapacita dopravního proudu č. 6

$$G_6 = \frac{3600}{t_{f6}} \times e^{-\frac{I_{H6}}{3600} \times (t_{g6} - \frac{t_{f6}}{2})} \quad [\text{j.v./h}] \quad (\text{viz. 3.6})$$

$$G_6 = \frac{3600}{3,7} \times e^{-\frac{328}{3600} \times (4,7 - \frac{3,7}{2})}$$

$$G_6 = 750,5 \quad [\text{j.v./h}]$$

- Základní kapacita dopravního proudu č. 7

$$G_7 = \frac{3600}{t_{f7}} \times e^{-\frac{I_{H7}}{3600} \times (t_{g7} - \frac{t_{f7}}{2})} \quad [\text{j.v./h}] \quad (\text{viz. 3.6})$$

$$G_7 = \frac{3600}{2,6} \times e^{-\frac{387}{3600} \times (4,5 - \frac{2,6}{2})}$$

$$G_7 = 981,6 \quad [\text{j.v./h}]$$

Výpočet kapacity jízdního pruhu dopravního proudu 2. stupně [4]

Do této skupiny patří dopravní proud vozidel odbočujících vlevo z hlavní komunikace (tj. dopravní proud č. 7) a dále pak dopravní proud vozidel, která odbočují z vedlejší pozemní komunikace vpravo (tj. dopravní proud č. 6).

Kapacita jízdního pruhu C_n se pak určí podle vzorce (3.5):

$$C_n = G_n \quad [\text{j.v./h}]$$

kde: G_n ... základní kapacita jízdního pruhu n – tého dopravního proudu $[\text{j.v./h}]$,

n ... dopravní proud č. 6 a 7 [-].

- Kapacita jízdního pruhu dopravního proudu č. 6

$$C_6 = G_6 \quad [\text{j.v./h}] \quad (\text{viz. 3.5})$$

$$C_6 = 750,5 \quad [\text{j.v./h}]$$

- Kapacita jízdního pruhu dopravního proudu č. 7

$$C_7 = G_7 \quad [\text{j.v./h}] \quad (\text{viz. 3.5})$$

$$C_7 = 981,6 \quad [\text{j.v./h}]$$

Výpočet kapacity jízdního pruhu dopravního proudu 3. stupně [4]

Při určování kapacity jízdního pruhu dopravního proudu 3. stupně se vždy zohledňuje pravděpodobnost nevzdutí rozhodujících nadřazených dopravních proudů (označovaných symbolem $p_{0,n}$). Tato pravděpodobnost snižuje základní kapacitu těchto nadřazených dopravních proudů a určí se ze vztahu:

$$C_n = p_{0,n} \times G_n \quad [\text{j.v./h}] \quad (3.7)$$

$$p_{0,n} = \max \left\{ \frac{1 - a_v}{0} \right\} = \max \left\{ \frac{1 - \frac{I_n}{C_n}}{0} \right\} \quad [-] \quad (3.8)$$

kde: C_n ... kapacita jízdního pruhu n - tého dopravního proudu $[\text{j.v./h}]$,

I_n ... intenzita dopravy dopravního proudu n $[\text{j.v./h}]$,

n ... dopravní proud č. 2, 3, 7 a 8.

V případě křižovatky Závodní - Moravská není pro dopravní proud č. 7 vyhrazen samostatný pruh, poté se uvažuje místo $p_{0,7}$, hodnota $p_{0,7}^*$ vypočtená podle vzorce (3.9).

$$p_{0,n}^* = \max \left\{ \frac{1 - (a_{vi} + a_{vj} + a_{vk})}{0} \right\} \quad [-] \quad (3.9)$$

kde: $i \dots$ dopravní proud č. 7 $[-]$,

$j \dots$ dopravní proudy č. 2 a 8 $[-]$,

$k \dots$ dopravní proud č. 3 $[-]$.

$p_{0,n}^* \dots$ pravděpodobnost nevzdutého stavu v příslušných společných pruzích

$a_{vi}, a_{vj}, a_{vk} \dots$ stupeň vytížení pro proudy i, j, k $[-]$

- Kapacita jízdního pruhu dopravního proudu č. 4

$$p_{0,7}^* = \max \left\{ \frac{1 - (a_{v7} + a_{v2,8} + a_{v3})}{0} \right\} \quad [-] \quad (\text{viz. 3.9})$$

$$p_{0,7}^* = \max \left\{ 1 - \left(\frac{333}{981,6} + \frac{287,6 + 371,3}{1800} + \frac{117,6}{1800} \right) \right\}$$

$$p_{0,7}^* = \max \left\{ \frac{0,2293}{0} \right\} = 0,2293 \quad [-]$$

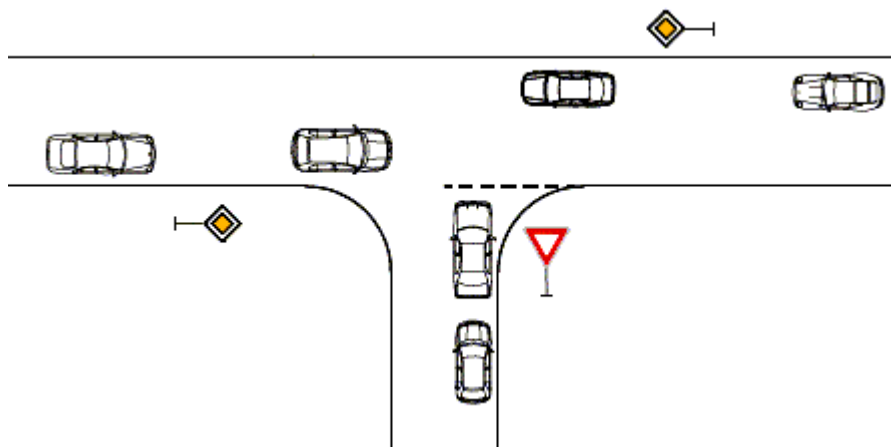
$$C_4 = p_{0,7} \times G_4 \quad [\text{j.v./h}] \quad (\text{viz. 3.7})$$

$$C_4 = 0,2293 \times 265,3$$

$$C_4 = 60,8 \quad [\text{j.v./h}]$$

Výpočet kapacity jízdních pruhů se společným řazením [4]

Jedná se o vedlejší pozemní komunikaci na ulici Moravská, kde se vozidla podřazených dopravních proudů č. 4 a 6, řadí do jediného jízdního pruhu, jedná se o tzv. jízdní pruh se společným řazením (viz. obr. č. 6).



Obr. č. 6 Znáznornění jízdního pruhu na vedlejší komunikaci se společným řazením [6]

Kapacita tohoto jízdního pruhu se společným řazením se vypočítá podle vzorce (3.10).

- Kapacita jízdního pruhu se společným řazením smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6.

$$C_{n,n,n} = \frac{\sum_{j=1}^m I_j}{\sum_{j=1}^m a_{vj}} = \frac{\sum_{j=1}^m I_j}{\sum_{j=1}^m \frac{I_j}{C_j}} \quad [\text{j.v./h}] \quad (3.10)$$

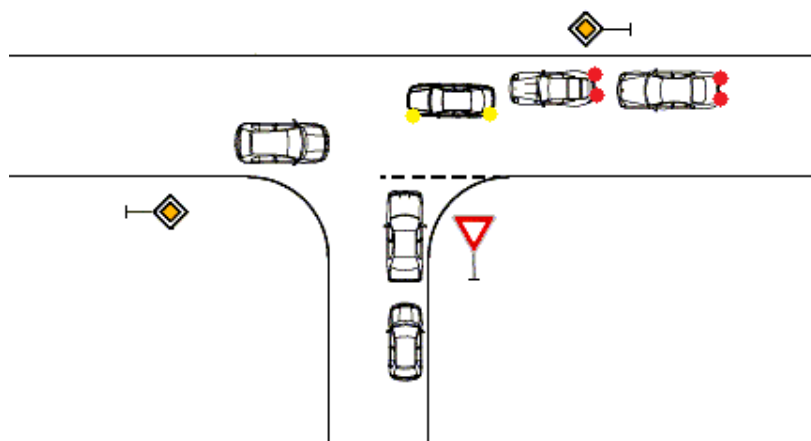
$$C_{4,6} = \frac{\sum_{j=1}^2 I_4 + I_6}{\sum_{j=1}^2 \frac{I_4}{C_4} + \frac{I_6}{C_6}}$$

$$C_{4,6} = \frac{\sum_{j=1}^2 81 + 133}{\sum_{j=1}^2 \frac{81}{60,8} + \frac{133}{750,5}}$$

$$C_{4,6} = 141,8 \quad [\text{j.v./h}]$$

Výpočet kapacity jízdního pruhu na hlavní komunikaci, kde není samostatný řadící pruh pro odbočení vlevo [4]

Dopravní proud 1. stupně (dopravní proud č. 8) může narazit při průjezdu křižovatkou na překážku tvořenou vozidly, které nemají samostatný odbočovací pruh a z hlavní pozemní komunikace na ulici Závodní odbočují vlevo (dopravní proud č. 7). Tímto dochází k tzv. vzdutí tohoto dopravního proudu (viz. obr. č. 7).



Obr. č. 7 Absence samostatného řadícího pruhu pro odbočování vlevo (na hl. pozemní komunikaci) [6]

Kapacitu společného jízdního pruhu smíšeného dopravního proudu č. 7 a 8 na hlavní pozemní komunikaci se vypočítá podle vzorce (3.11) podle (TP 188).

$$C_{n,n,n} = \min \left\{ \frac{I_i + I_j + I_k}{a_{vi} + a_{vj} + a_{vk}} \right\} = \min \left\{ \frac{I_i + I_j + I_k}{\frac{I_i}{C_i} + \frac{I_j}{C_j} + \frac{I_k}{C_k}} \right\} \quad [\text{j.v./h}] \quad (3.11)$$

kde: $a_{vi}, a_{vj}, a_{vk} \dots$ stupeň vytížení dopravního proudu i, j, k $[-]$,

$I_i, I_j, I_k \dots$ intenzita dopravního proudu i, j, k $[\text{j.v./h}]$,

$C_i, C_j, C_k \dots$ kapacita jízdního pruhu dopravního proudu i, j, k $[\text{j.v./h}]$,

$i, j, k \dots$ dopravní proudy č. 7, 2 a 8, 3.

Pro odhad vlivu stavu dopravy na kapacitu pruhu podřazeného proudu se stanoví pravděpodobnost nevzdutého stavu v příslušném společném pruhu $p_{0,7}^*$ podle vzorce (3.9).

- Kapacita jízdního pruhu bez samostatného řadícího pruhu pro odbočení vlevo smíšeného dopravního proudu č. 7 a 8.

$$p_{0,7}^* = 0,2293 \quad [-] \quad (\text{viz. 3.9})$$

$$C_7^* = p_{0,7}^* \times G_7 \quad (\text{viz. 3.7})$$

$$C_7^* = 0,2293 \times 981,6 = 225,1 \quad [\text{j.v./h}]$$

$$C_{7,8} = \min \left\{ \frac{\frac{I_7 + I_{2,8} + I_3}{c_7 + c_2 + c_8 + c_3}}{1800} \right\} \quad [\text{j.v./h}] \quad (\text{viz. 3.9})$$

$$C_{7,8} = \min \left\{ \frac{\frac{333 + 287,6 + 371,5 + 117,6}{\frac{333}{225,1} + \frac{287,6}{1800} + \frac{371,5}{1800} + \frac{117,6}{1800}}}{1800} \right\}$$

$$C_{7,8} = \min \left\{ \frac{580,7}{1800} \right\} = 580,7 \quad [\text{j.v./h}]$$

Stupeň vytížení a rezerva kapacity [4]

Stupeň vytížení a_v je dán vzorcem (3.12):

$$a_v = \frac{I_n}{C_n} \quad [-] \quad (3.12)$$

kde: I_n ... návrhová intenzita dopravy dopravního proudu n $[\text{j.v./h}]$,

C_n ... kapacita jízdního pruhu dopravního proudu n $[\text{j.v./h}]$.

- Stanovení stupně vytížení pro jednotlivé dopravní proudy

$$a_2 = \frac{I_2}{C_2} = \frac{287,6}{1800} = 0,16$$

$$a_3 = \frac{I_3}{C_3} = \frac{117,6}{1800} = 0,065$$

$$a_4 = \frac{I_4}{C_4} = \frac{81}{60,8} = 1,33$$

$$a_6 = \frac{I_6}{C_6} = \frac{133}{750,5} = 0,18$$

$$a_7 = \frac{I_7}{C_7} = \frac{333}{981,6} = 0,339$$

$$a_8 = \frac{I_8}{C_8} = \frac{371,5}{1800} = 0,206$$

Rezerva kapacity Rez jízdního pruhu se vypočítá podle jednoduchého vzorce (3.13).[6]

$$Rez = C_n - I_n \quad [\text{j.v./h}] \quad (3.13)$$

$$Rez_2 = C_2 - I_2 = 1800 - 287,6 = 1512,4 \text{ j.v./h}$$

$$Rez_3 = C_3 - I_3 = 1800 - 117,6 = 1682,4 \text{ j.v./h}$$

$$Rez_4 = C_4 - I_4 = 60,8 - 81 = -20,2 \text{ j.v./h}$$

$$Rez_6 = C_6 - I_6 = 750,5 - 133 = 617,5 \text{ j.v./h}$$

$$Rez_7 = C_7 - I_7 = 981,6 - 333 = 648,6 \text{ j.v./h}$$

$$Rez_8 = C_8 - I_8 = 1800 - 371,5 = 1428,5 \text{ j.v./h}$$

Pro lepší vyjádření lze rezervu uvést také v procentech podle vzorce (3.14)

$$Rez = \left(1 - \frac{I_n}{C_n}\right) \times 100 \quad [\%] \quad (3.14)$$

- Výpočet rezervy kapacity pro jednotlivé dopravní proudy

$$Rez_2 = \left(1 - \frac{I_2}{C_2}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{287,6}{1800}\right) \times 100 = 84\%$$

$$Rez_3 = \left(1 - \frac{I_3}{C_3}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{117,6}{1800}\right) \times 100 = 93,5\%$$

$$Rez_4 = \left(1 - \frac{I_4}{C_4}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{81}{60,8}\right) \times 100 = -33,3\%$$

$$Rez_6 = \left(1 - \frac{I_6}{C_6}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{133}{750,5}\right) \times 100 = 82,3\%$$

$$Rez_7 = \left(1 - \frac{I_7}{C_7}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{333}{981,6}\right) \times 100 = 66\%$$

$$Rez_8 = \left(1 - \frac{I_8}{C_8}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{371,5}{1800}\right) \times 100 = 79,4\%$$

Výpočet střední doby zdržení a délky fronty [4]

Střední doba zdržení t_w závisí na rezervě kapacity jízdního pruhu příslušného proudu, příp. smíšených proudů, a jeho kapacitě. Před stanovením hodnoty t_w vyjadřované v sekundách je nutné ze znalosti návrhové intenzity dopravních proudů a vypočtené kapacity pruhu stanovit rezervu kapacity Rez podle rovnice 3.13.[6]

Pro hodnoty střední doby zdržení t_w vyšší než 45 s je charakteristický vysoký stupeň vytižení a_v . Střední doba zdržení je odvozena z rovnic Kimber/Hollis odvozených z teorie front, závisí na kapacitě jízdního pruhu a její rezervě podle vztahu:[6]

$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu} \quad [s] \quad (3.15)$$

kde:

$$D_1 = \frac{1}{2} \times (\sqrt{F^2 + G} - F) \quad (3.16)$$

$$F = \frac{1}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{T}{2} \times (\mu - q) \times y + \left(y - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{\mu} \right) \right] + E \quad (3.17)$$

$$G = \frac{2 \times T \times y}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{q}{\mu} - (\mu - q) \times E \right] \quad (3.18)$$

$$E = \frac{q_0}{\mu_0 \times (\mu_0 - q_0)} \quad (3.19)$$

$$y = \frac{1 - \mu - \mu_0 + q_0}{q} \quad (3.20)$$

kde: t_w ... střední doba zdržení v intervalu T [s],

T ... doba trvání požadovaného intervalu [s]:

$$T = 3600 \text{ s}, \quad (3.21)$$

μ ... kapacitu jízdního pruhu podřazeného dopravního proudu v uvažovaném intervalu [j.v./s]:

$$\mu = \frac{C_n}{3600} \quad (3.22)$$

C_n ... kapacita jízdního pruhu [j.v./h],

q ... intenzita podřazeného dopravního proudu, tzv. sekundová intenzita [j.v./s]:

$$q = \frac{I_n}{3600} \quad (3.23)$$

I_n ... intenzita dopravního proudu [j.v./h],

μ_0 ... kapacita v čase po špičkovém intervalu [j.v./s]:

$$\mu_0 = \frac{1600}{3600}, \quad (3.24)$$

q_0 ... intenzita podřazeného dopravního proudu po špičkové hodině [j.v./s].

Délka fronty na vjezdech do neřízené křižovatky se dimenzuje na 95% pravděpodobnost uvažované délky fronty. Znamená to, že v 95% času během špičkové hodiny je fronta kratší než udává hodnota $N_{95\%}$, ve zbývajících 5% času se připouští fronta vozidel delší. Délka fronty $N_{95\%}$, se určí na základě stupně vytížení a_v a hodnoty kapacity C_n podle vztahu č. 3.25:[6]

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \times C_n \times \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3 \times \frac{8 \times a_v}{C_n}} \right) \quad [\text{m}] \quad (3.25)$$

kde: a_v ... stupeň vytížení [-],

C_n ... kapacita jízdního pruhu dopravního proudu n [j.v./h].

- Střední doba zdržení a délka fronty smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6

$$t_w = 819 \text{ s}$$

$$N_{95\%} = 261,28 \text{ m}$$

Postup výpočtu je uveden v příloze C.

Tyto hodnoty jsou nepřiměřené ke skutečné situaci, jelikož nezahrnují možnost čekání vozidel, odbočujících vlevo z hlavní pozemní komunikace, na tramvajovém pásu. Pro skutečné hodnoty bylo provedeno měření ve špičkové hodině, do kterého byla započtena všechna vozidla smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6 čekajících déle než 15 s. Za hodinu měření bylo takto napočítáno 154 vozidel, z nichž byla vypočítána střední doba zdržení $t_w=80$ s (viz příloha F).

- Střední doba zdržení a délka fronty dopravního proudu č. 7

$$t_w = 5,54 \text{ s}$$

$$N_{95\%} = 9,2 \text{ m}$$

Postup výpočtu je uveden v příloze D.

3.1.4 Návrh a výpočet stavebních úprav křižovatky Závodní – Moravská

Pro zvýšení plynulosti a bezpečnosti provozu na křižovatce Závodní – Moravská budou navrženy tři způsoby řešení:

- a) Zřízení samostatného odbočovacího pruhu pro odbočení vlevo z hlavní pozemní komunikace,
- b) Rozšíření vjezdu z vedlejší pozemní komunikace,
- c) Kombinace úprav a) a b).

Zřízení samostatného odbočovacího pruhu pro odbočení vlevo z hlavní pozemní komunikace. [4]

Zřízením samostatného odbočovacího pruhu pro odbočení vlevo z hlavní pozemní komunikace se zvýší pravděpodobnost nevzdutého stavu pro dopravní proud č. 4, tím se zvýší také kapacita daného proudu.

Výpočet pravděpodobnosti nevzdutého stavu dopravního proudu č. 7, který má samostatný odbočovací pruh uvádí vzorec (3.8).

$$p_{0,7} = \max \left\{ \frac{1 - a_v}{0} \right\} = \max \left\{ \frac{1 - \frac{I_7}{c_7}}{0} \right\} [-] \quad (\text{viz. 3.8})$$

$$p_{0,7} = \max \left\{ 1 - \frac{333}{981,6} \right\} = 0,661$$

Výpočet kapacity dopravního proudu č. 4 (dopravní proud č. 7 má samostatný jízdní pruh) podle vzorce (3.7).

$$C_4 = p_{0,7} \times G_4 = 0,661 \times 265,3 = 175,4 \text{ j.v./h} \quad (\text{viz. 3.7})$$

Výpočet kapacity společného jízdního pruhu dopravních proudů č. 4 a 6 (dopravní proud č. 7 má samostatný jízdní pruh) podle vzorce (3.10).

$$C_{4,6} = \frac{I_4 + I_6}{\frac{I_4}{c_4} + \frac{I_6}{c_6}} = \frac{81 + 133}{\frac{81}{175,4} + \frac{133}{750,5}} = 334,89 \text{ j.v./h} \quad (\text{viz. 3.10})$$

Výpočet stupně vytížení a rezervy kapacity smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6 (dopravní proud č. 7 má samostatný jízdní pruh) podle vzorců (3.12 , 3.13).

$$a_{v4,6} = \frac{I_{4,6}}{C_{4,6}} = \frac{214}{334,89} = 0,64 \quad (\text{viz. 3.12})$$

$$Rez_{4,6} = C_{4,6} - I_{4,6} = 334,89 - 214 = 120,89 \text{ j.v./h} \quad (\text{viz. 3.13})$$

$$Rez_{4,6} = \left(1 - \frac{I_{4,6}}{C_{4,6}}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{214}{334,89}\right) \times 100 = 36,1\% \quad (\text{viz. 3.14})$$

Výpočet střední doby zdržení a délky fronty smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6 (dopravní proud č. 7 má samostatný jízdní pruh) podle vzorců (3.15 až 3.25).

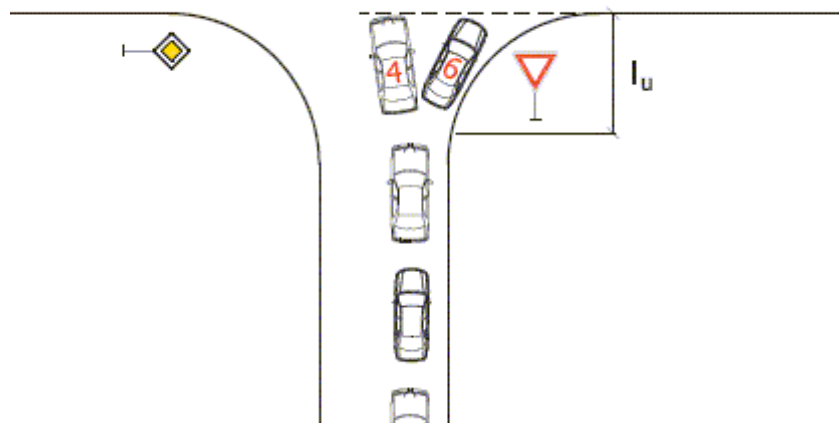
$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu} = 18,15 + 0,1504 + \frac{1}{0,093} = 29,1 \text{ s} \quad (\text{viz. 3.15})$$

$$N_{95\%} = 29,6 \text{ m} \quad (\text{viz. 3.25})$$

Tento způsob stavební úpravy křižovatky vede ke snížení střední doby zdržení a délky fronty daného smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6. Tímto dochází ke zlepšení úrovně kvality dopravy na této křižovatce.

Rozšíření vjezdu z vedlejší pozemní komunikace [4]

Jedná se o způsob úpravy komunikace, který umožní, aby vozidla čekajících dopravních proudů, která odbočují vlevo a vpravo, mohou zastavit v místě rozhledu vedle sebe. Velkou váhu zde má délka úseku společného jízdního pruhu pro možnost zastavení v rozšířeném vjezdu l_u .



Obr. č. 8 Znárodnění jízdního pruhu se společným řazením a rozšířeným vjezdem [6]

Výpočet kapacity jízdních pruhů se společným řazením a rozšířeným vjezdem smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6 podle vzorce (3.26).

$$C_{4,6} = \min \left\{ \frac{\frac{I_4 + I_6}{\frac{l_u}{6} + 1}}{\sqrt{a_{\frac{l_u}{6} + 1}^{\frac{l_u}{6} + 1} + a_{\frac{l_u}{6} + 1}^{\frac{l_u}{6} + 1}}} \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{81 + 133}{\frac{20}{6} + 1}}{\sqrt{1,33^{\frac{20}{6} + 1} + 0,18^{\frac{20}{6} + 1}}} \right\} = 160,7 \text{ j.v./h} \quad (3.26)$$

l_u ... délka úseku společného jízdního pruhu pro možnost zastavení v rozšířeném vjezdu [m]

Z vypočtené kapacity vyplývá, že hodnota $C_{4,6} = 160,7 \text{ j.v./h}$ není schopna pokrýt požadavky kladené provozem na křižovatce, kterou během špičkové hodiny projede 214 j.v./h, tímto tento způsob úpravy křižovatky nevyhovuje.

Kombinace samostatného odbočovacího pruhu z hlavní pozemní komunikace a rozšířením vjezdu na vedlejší pozemní komunikaci [4]

Výpočet kapacity smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6 podle vzorce (3.26).

$$C_4 = 175,4 \text{ j.v./h}$$

$$C_{4,6} = \min \left\{ \frac{\frac{I_4 + I_6}{\sqrt{\left(\frac{I_4}{C_4}\right)^{\frac{l_u}{6}+1} + \left(\frac{I_6}{C_6}\right)^{\frac{l_u}{6}+1}}}}{1800} \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{81 + 133}{\sqrt{\left(\frac{81}{175,4}\right)^{\frac{20}{6}+1} + \left(\frac{133}{750,5}\right)^{\frac{20}{6}+1}}}}{1800} \right\}$$

$$= 461,7 \text{ j.v./h}$$

Výpočet stupně využití a rezervy kapacity smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6 podle vzorců (3.12, 3.13, 3.14).

$$a_{v4,6} = \frac{I_{4,6}}{C_{4,6}} = \frac{214}{461,7} = 0,464 \quad (\text{viz. 3.12})$$

$$Rez_{4,6} = C_{4,6} - I_{4,6} = 461,7 - 214 = 247,7 \text{ j.v./h} \quad (\text{viz. 3.13})$$

$$Rez_{4,6} = \left(1 - \frac{I_{4,6}}{C_{4,6}}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{214}{461,7}\right) \times 100 = 53,65\% \quad (\text{viz. 3.14})$$

Výpočet střední doby zdržení a délky fronty smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6 podle vzorců (3.15 až 3.25).

$$t_w = 14,5 \text{ s}$$

$$N_{95\%} = 15,27 \text{ m}$$

Postup výpočtů je uveden v příloze E.

Tento způsob stavebních úprav křižovatky Závodní – Moravská vede k nejefektivnějšímu snížení střední doby zdržení a délky fronty smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6. Úroveň kvality dopravy dosahuje označení B (podřazený dopravní proud je ovlivněn, doba zdržení je malá).

3.2 Návrh světelného signalizačního zařízení

Křižovatky se světelným signalizačním zařízením (označujeme rovněž zkratkou SSZ) jsou obvykle zřizovány jednak za účelem zvýšení bezpečnosti a jednak ke zlepšení plynulosti silničního provozu na pozemních komunikacích. Vzhledem k různorodým zájmům účastníků silničního provozu (tj. řidičů motorových vozidel, tramvají, atp., chodců a cyklistů), které jsou mnohdy protichůdné, nelze všem účastníkům vyhovět současně. Obecně platí, že preferována by měla být skupina vozidel zajišťující hromadnou přepravu osob (je-li to technicky možné) a poté skupiny nejvíce zatížených směrů. Vždy se však musí dbát na bezpečí všech zúčastněných.[4]

Účelnost řízení křižovatky SSZ je zapotřebí prokázat splněním alespoň jednoho z následujících kritérií:

- Kritérium bezpečnosti provozu,
- Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel,
- Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců,
- Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy.[7]

Podstatou řízení křižovatky je poskytovat střídavě volno všem dopravním proudům tak, aby se nesrazily.

Řízení provozu pomocí světelného signalizačního zařízení na křižovatce lze rozdělit:

- *Pevné (statické) řízení* (neměnná délka cyklu, pevná délka zelených signálů, pevný sled fází)
- *Dynamické řízení* (proměnná délka zelených signálů, cyklu nebo i sledu fází)[4]

3.2.1 Základní vybrané pojmy a definice

Detektor – je všeobecně detekční zóna (oblast vyhodnocení) daného způsobu detekce, pokud je tento pojem použit samostatně. Ve spojení s bližší technickou specifikací je naopak popsán technický princip detekce (např.: indukční smyčkový detektor).[4]

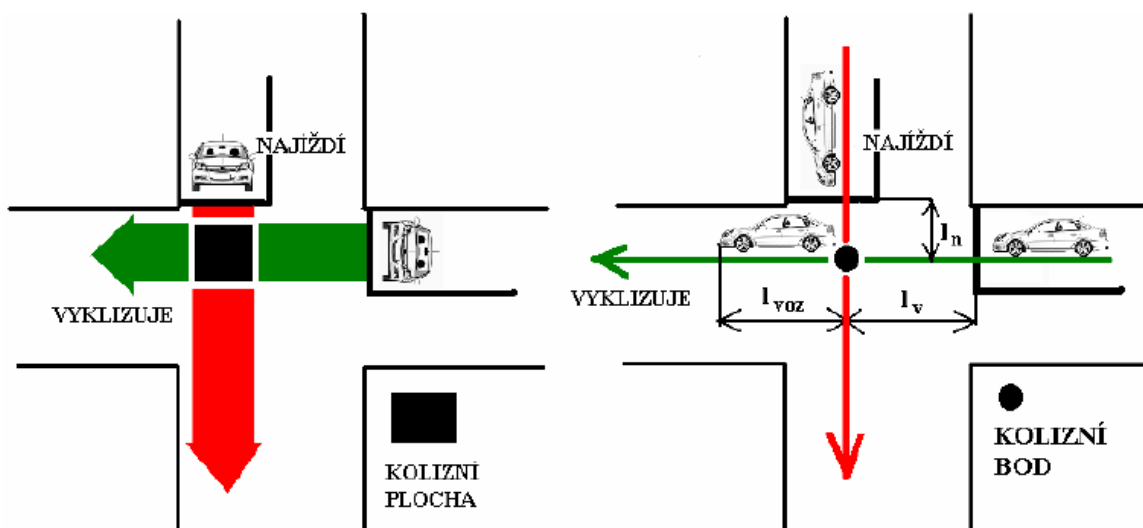
Koordinace – je takový výsledek sladění signálních plánů řadičů ve skupině SSZ, že vozidla v daném (koordinovaném) směru projedou bez zastavení.[4]

- *Liniová koordinace* – je koordinace ve skupině SSZ, umístěných za sebou (v linii).
- *Obousměrná koordinace* – je koordinace ve skupině SSZ pro protisměrné směry jízdy.
- *Plošná koordinace* – je koordinace ve skupině SSZ, která není prostorově rozmístěna pouze v linii a jsou v ní koordinovány i jiné dopravní proudy než náležející k liniové koordinaci.

Fáze – je časový interval, ve kterém mají současně volno určité, zpravidla vzájemně nekolizní dopravní pohyby na křižovatce.[4]

Fázové schéma – je přiřazení dopravních pohybů jednotlivým fázím a stanovení nejvýhodnějšího pořadí fází.[4]

Mezičas – je časový interval od konce signálu volno na návěstidle pro jeden směr po začátek signálu volno na návěstidle pro kolizní směr. V této době musí poslední vozidlo (tzv. *vyklizovací vozidlo*), které projíždí v končící době signálu volno, celou svou délkou bezpečně opustit kolizní plochu dříve, než první vozidlo (tzv. *najíždějící vozidlo*) jedoucí v době signálu volno v kolizním směru této kolizní plochy dosáhne (viz. obr. č. 9).[4]

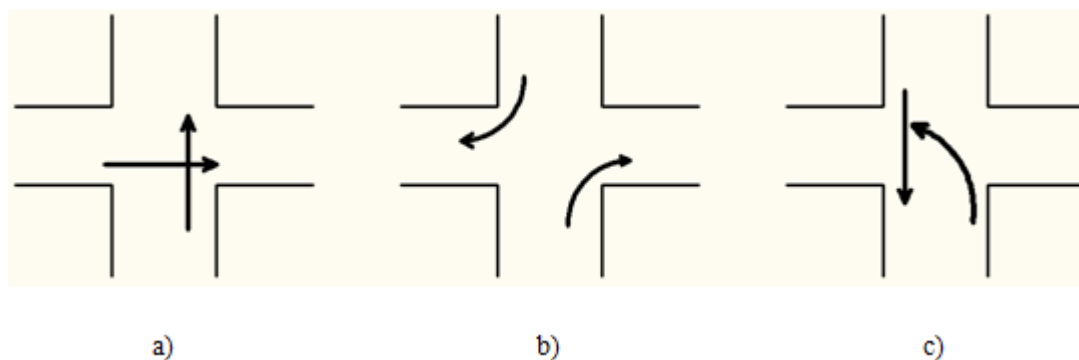


Obr. č. 9 Znárodnění kolizní plochy a kolizního bodu [7]

Při návrhu fázového schéma, resp. samotných fází rozlišujeme různé **typy dopravních pohybů** (viz. obr. č. 10):

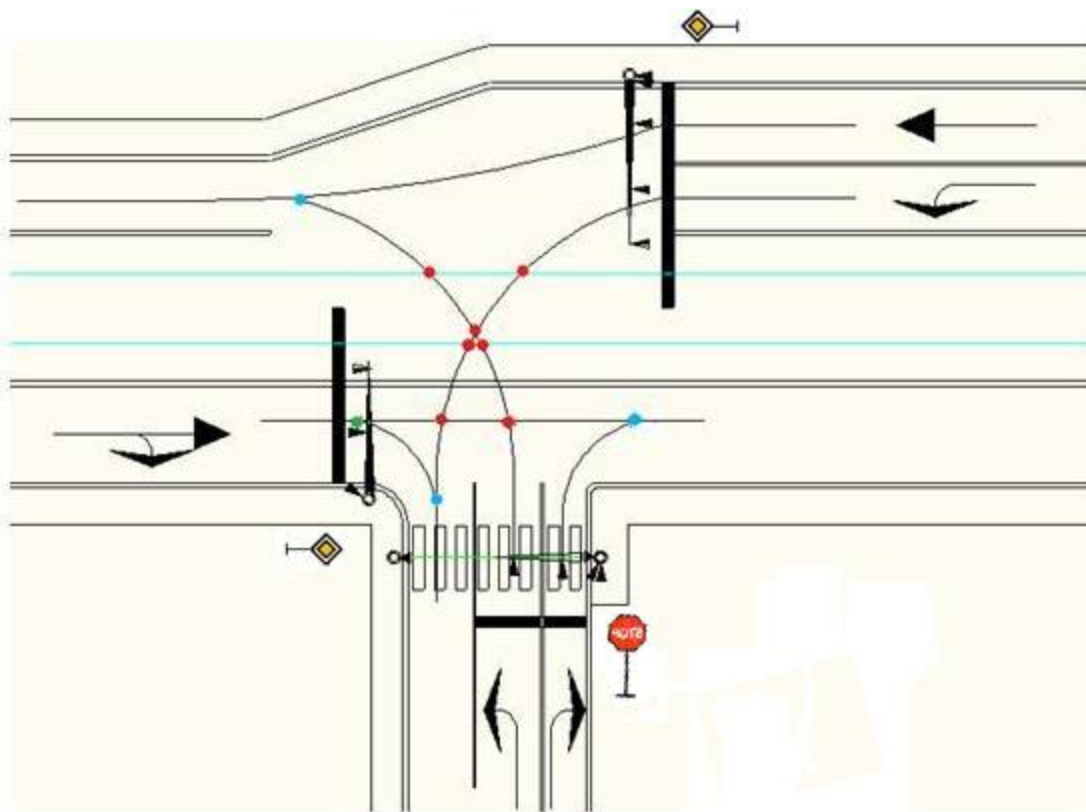
- a) *Kolizní dopravní pohyby* – ty vzájemné pohyby vozidel nebo vozidel a chodců na místě řízených SSZ, které se střetávají, kříží, nebo připojují.

- b) *Bezkolizní dopravní pohyby* – ty dopravní pohyby, které se v rámci dané křižovatky nemohou spolu střetávat, křížit, ani připojovat s výjimkou pouze podmíněně kolizních dopravních proudů.
- c) *Podmíněné kolizní dopravní pohyby* – těmito dopravními pohyby v rámci jedné fáze mohou být ty, pro něž platí pravidla o přednosti v jízdě podle zákona č. 361/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů (pravidla silničního provozu), například přednost protijedoucím vozidlům při odbočování vlevo.[4]



Obr. č. 10 Typy dopravních pohybů na křižovatce [4]

Na obrázku č. 11 jsou znázorněné jednotlivé kolizní body, které mohou nastat při neprovozoschopném režimu světelného signalizačního zařízení. Červenou barvou jsou označeny křížné kolizní body, modrou barvou přípojný kolizní body a barvou zelenou odbočný kolizní bod. Jednotlivé body pak mohou být použity k znázornění kolizních bodů najížděcí a vyklizovací dráhy pro jednotlivé směry.

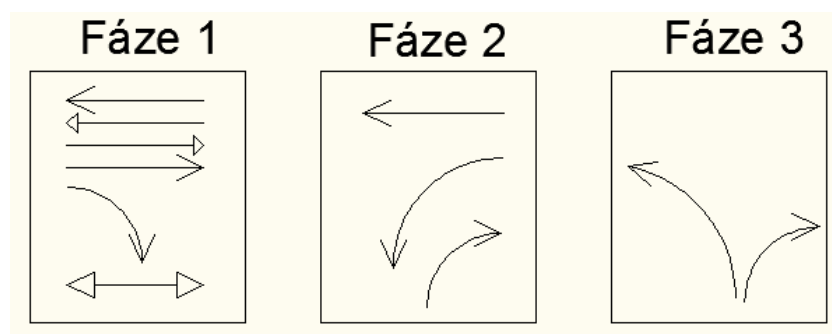


Obr. č. 11 Situační plán světelně řízené křižovatky Závodní - Moravská

3.2.2 Fázové schéma křižovatky Závodní – Moravská

Počet fází vyplývá z rozdělení fází, tzn. z toho, jak jsou rozčleněny dopravní pohyby na křižovatce. Minimální počet fází na křižovatce se světelným signalizačním zařízením jsou dvě. Odbočující dopravní proudy nejsou však na rozdíl od přímých směrů bezkolizní. Dokonale bezkolizní řízení všech dopravních proudů na třiramenné křižovatce má tři fáze.[4]

Na křižovatce Závodní – Moravská jsou zvoleny tři fáze dle obr. č. 12.



Obr. č. 12 Schéma fází křižovatky Závodní - Moravská

Pořadí fází je nutné navrhnout tak, aby se minimalizoval součet mezičasů $t_{m,x}$ podle vzorce (3.27) [4]:

$$t_{m,x} = \sum_{i=1}^{n_f} t_{m,j} = \text{minimum} \quad (3.27)$$

kde: $t_{m,j}$... mezičas mezi fázemi [s],

n_f ... počet fází [-],

x ... číslo kombinace pořadí fází.

Mezičas t_m se vypočítá podle následujícího vztahu (3.28):

$$t_m = t_v - t_n - t_b \text{ [s]} \quad (3.28)$$

kde: t_v ... vyklizovací doba [s],

t_n ... najížděcí doba [s],

t_b ... bezpečnostní doba [s].

Vyklizovací doba t_v je doba potřebná k projetí vyklizovacího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na konci kolizní plochy. Vyklizovací doba se určí ze vztahu (3.29) [4]:

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} \text{ [s]} \quad (3.29)$$

kde: L_v ... vyklizovací dráha [m],

l_{voz} ... délka vyklizovacího vozidla [m],

v_v ... vyklizovací rychlost [m/s].

Vyklizovací dráha L_v je dráha vyklizovacího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na konci kolizní plochy.[4]

Vyklizovací rychlost v_v je rychlost vyklizovacího vozidla nebo chodce.[4]

Najížděcí doba t_n je doba potřebná k projetí najíždějícího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na začátku kolizní plochy. Najížděcí doba se určí ze vztahu (3.30).[4]

$$t_n = \frac{L_n}{v_n} \text{ [s]} \quad (3.30)$$

kde: L_n ... najížděcí dráha [m],

v_n ... najížděcí rychlost [m/s].

Najížděcí dráha L_n je dráha najíždějícího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na začátku kolizní plochy.[4]

Najížděcí rychlost v_n je rychlost najíždějícího vozidla nebo vstupujícího chodce.[4]

Bezpečnostní doba t_b je doba zohledňující vliv projíždění signálu pozor vozidly v souladu s pravidly silničního provozu po skončení signálu volno.[4]

K určení vyklizovací a najížděcí dráhy slouží jako podklad podrobný náčrt křižovatky v daném měřítku.

Pro standardní hodnoty určující délku vyklizovacího vozidla, bezpečnostní dobu a vyklizovací, resp. najížděcí rychlosti slouží technické podmínky (TP 81) viz příloha G.

Přesnosti výpočtu a zaokrouhlování výsledků při výpočtech mezičasů je stanoven TP 81. Výsledné mezičasy se stanovují s přesností na celé sekundy s tím, že jsou zaokrouhleny asymetricky (obvykle do 0,3 s dolů a od 0,3 s nahoru). Je-li vypočtená hodnota mezičasu záporná, počítáme tento mezičas jako roven nule.[4]

Výpočet mezičasů jednotlivých fází [4]

Jednotlivé označení směrů průjezdu vozidel křižovatkou je znázorněno v příloze H.

Pro vzorový výpočet mezičasů jednotlivých fází, byla zvolena kombinace: 1. fáze vyklizuje – 2. fáze najíždí (dle obrázku č. 12).

Podle vzorce č. 3.29 byly vypočteny jednotlivé vyklizovací doby vozidel fáze 1:

$$t_{vA2/C7} = \frac{L_{vA2/C7} + l_{voz}}{v_v} = \frac{5,12 + 5}{9,7} = 1,04 \text{ s}$$

$$t_{vA2/B6} = \frac{L_{vA2/B6} + l_{voz}}{v_v} = \frac{15,18 + 5}{9,7} = 2,08 \text{ s}$$

$$t_{vA3/C7} = \frac{L_{vA3/C7} + l_{voz}}{v_v} = \frac{7 + 5}{7} = 1,71 \text{ s}$$

$$t_{vT1/C7} = \frac{L_{vT1/C7} + l_{voz}}{v_v} = \frac{6,39 + 15}{7} = 3,1 \text{ s}$$

$$t_{vT2/C7} = \frac{L_{vT2/C7} + l_{voz}}{v_v} = \frac{7,1 + 15}{7} = 3,16 \text{ s}$$

$$t_{vP1/C7} = \frac{L_{vP1/C7} + l_{voz}}{v_v} = \frac{1,5}{1,4} = 1,1 \text{ s}$$

$$t_{vP2/C7} = \frac{L_{vP2/C7} + l_{voz}}{v_v} = \frac{7,25}{1,4} = 5,18 \text{ s}$$

$$t_{vP1/B6} = \frac{L_{vP1/B6} + l_{voz}}{v_v} = \frac{7,35}{1,4} = 5,25 \text{ s}$$

$$t_{vP2/B6} = \frac{L_{vP2/B6} + l_{voz}}{v_v} = \frac{1,3}{1,4} = 0,93 \text{ s}$$

Podle vzorce č. 3.30 byly vypočteny jednotlivé najížděcí doby vozidel fáze 2:

$$t_{nC7/A2} = \frac{L_{nC7/A2}}{v_n} = \frac{15,51}{7} = 2,21 \text{ s}$$

$$t_{nC7/A3} = \frac{L_{nC7/A3}}{v_n} = \frac{19}{7} = 2,71 \text{ s}$$

$$t_{nC7/T1} = \frac{L_{nC7/T1}}{v_n} = \frac{12,16}{7} = 1,74 \text{ s}$$

$$t_{nC7/T2} = \frac{L_{nC7/T2}}{v_n} = \frac{8,84}{7} = 1,26 \text{ s}$$

$$t_{nC7/P1} = \frac{L_{nC7/P1}}{v_n} = \frac{22}{7} = 3,14 \text{ s}$$

$$t_{nC7/P2} = \frac{L_{nC7/P2}}{v_n} = \frac{22}{7} = 3,14 \text{ s}$$

$$t_{nB6/A2} = \frac{L_{nB6/A2}}{v_n} = \frac{11,8}{7} = 1,69 \text{ s}$$

$$t_{nB6/P1} = \frac{L_{nB6/P1}}{v_n} = \frac{3,25}{9,7} = 0,34 \text{ s}$$

$$t_{nB6/P2} = \frac{L_{nB6/P2}}{v_n} = \frac{3,25}{9,7} = 0,34 \text{ s}$$

Podle vzorce č. 3.28 byly vypočteny jednotlivé mezičasy mezi jednotlivými vozidly fází 1 a 2:

$$t_{mA2/C7} = t_{vA2} - t_{nC7} + t_b = 1,04 - 2,21 + 2 = 0,83 = 1 \text{ s}$$

$$t_{mA3/C7} = t_{vA3} - t_{nC7} + t_b = 1,71 - 2,71 + 2 = 1 \text{ s}$$

$$t_{mT1/C7} = t_{vT1} - t_{nC7} + t_b = 3,1 - 1,26 + 0 = 1,84 = 2 \text{ s}$$

$$t_{mT2/C7} = t_{vT2} - t_{nC7} + t_b = 3,16 - 1,26 + 0 = 1,9 = 2 \text{ s}$$

$$t_{mP1/C7} = t_{vP1} - t_{nC7} + t_b = 1,1 - 3,14 + 0 = -2,04 = 0 \text{ s}$$

$$t_{mP2/C7} = t_{vP2} - t_{nC7} + t_b = 5,18 - 3,14 + 0 = 2,04 = 2 \text{ s}$$

$$t_{mA2/B6} = t_{vA2} - t_{nB6} + t_b = 2,08 - 1,69 + 2 = 2,39 = 3 \text{ s}$$

$$t_{mP1/B6} = t_{vP1} - t_{nB6} + t_b = 5,25 - 0,34 + 0 = 4,91 = 5 \text{ s}$$

$$t_{mP2/B6} = t_{vP2} - t_{nB6} + t_b = 0,93 - 0,34 + 0 = 0,59 = 1 \text{ s}$$

Maximální hodnota mezičasu je vyčíslena na hodnotu 5 s. Jedná se o chodce ve směru P1 a vozidla jedoucích ve směru B6. Avšak signál volno pro chodce má kratší dobu než signál volno celé 1. fáze, kvůli bezpečnému opuštění křižovatky vozidel směru A3, proto jako maximální hodnota mezičasu bude hodnota 3s.

Tabulka č. 3.1 Mezičasy z 1. fáze do 2. fáze

hodnota tm z 1 fáze do 2 fáze [s]			
Vyklizuje	Najíždí		
	C8	C7	B6
A2		1	3
A3		1	
T1		2	
T2		2	
P1		0	5
P2		2	1

Ostatní hodnoty mezičasů jsou uvedeny v tabulkách v příloze CH.

Výpočet nejvhodnější kombinace fází [4]

Nejvhodnější kombinace fází (s minimální hodnotou součtu jednotlivých mezičasů ve fází) se vypočítá podle vzorce č. 3.27. Možné kombinace fází jsou: 1 – 2 – 3 nebo 1 -3 – 2.

$$t_{m,x} = \sum_{i=1}^{n_f} t_{m,i} = \text{minimum} \quad (3.27)$$

$$t_{m,1-2-3} = t_{m,1-2} + t_{m,2-3} + t_{m,3-1} = 3 + 5 + 3 = 11 \text{ s}$$

$$t_{m,1-3-2} = t_{m,1-3} + t_{m,3-2} + t_{m,2-1} = 3 + 4 + 5 = 12 \text{ s}$$

Nejmenší součtový mezičas $t_{m,x}$ jednotlivých kombinací fází byla vypočtena pro kombinaci 1 – 2 – 3 a má hodnotu 11 s.

3.2.3 Návrh signálního plánu (délka cyklu a signálu volno)

Vstupními podklady pro dopravně inženýrský výpočet signálního plánu jsou:

- hodinové intenzity dopravy rozdělené podle křižovatkových pohybů a přiřazené jednotlivým vjezdům,
- navržené fázové schéma,
- tabulka mezičasů.[7]

Konkrétní výpočet dob signálů volno lze provádět několika způsoby, jimiž jsou například:

- metoda saturovaného toku,
- metoda spotřeby času,
- metoda postupného přibližování (iterace).[7]

Nejnižší hodnoty signálních dob jsou:

- signál volno (zelená) pro vozidla, chodce, cyklisty, tramvaje – 5 s,
- signál pozor (žlutá) pro vozidla – 3 s,
- signál pozor (žlutá) pro cyklisty – 2 s.[7]

Doba signálu pozor (současně svítícího červeného a žlutého signálu) pro vozidla a cyklisty má hodnotu – 2 s.[7]

Doporučuje se však, aby u pevných signálních plánů byla doba signálu volno pro motorová vozidla v hlavním přímém směru alespoň 12 s, ve vedlejším směru alespoň 8 s. Doba zeleného směrového signálu pro odbočení vlevo má být alespoň 8 s, doba signálu zelené šipky pro opuštění křižovatky alespoň 4 s.[7]

Je vhodné, aby doba zelené chodců byla alespoň taková, aby chodec během zeleného signálu přešel 2/3 přechodu, nejméně však ½ přechodu.[7]

Pro výpočet signálního plánu je použita metoda spotřeby času.

Metoda spotřeby času

Metoda spotřeby času je určena k výpočtu délky cyklu, délek zelených jednotlivých signálních skupin a dále kapacit, resp. rezerv jednotlivých řadících pruhů, jakož i jejich délek. Intenzity jednotlivých dopravních směrů se upravují pomocí tzv. koeficientu faktoru omezení. Tímto koeficientem se zohlední vliv na zpomalení nebo na zrychlení pohybu vozidla křižovatkou.[4]

– Výpočtové fiktivní zatížení M [4]

Pro výpočet slouží vzorec č. 3.28, ve kterém vynásobením rozhodující intenzity ve fázi příslušnými koeficienty a podělením počtem řadících pruhů příslušného směru dostaneme hodnotu výpočtového fiktivního zatížení M.

$$M = \frac{I}{n} \times k \times k_{nár} [j.v./h] \quad (3.28)$$

kde: I ... rozhodující intenzita [j.v./h],

k ... výsledný koeficient faktoru omezení pro příslušný směr [-],

$k_{nár}$... nárůstový koeficient (volen 1,3),

n ... počet řadících pruhů příslušného směru [-].

Rozhodující intenzitou se zjednodušeně řečeno rozumí intenzita toho dopravního směru, který má v příslušné fázi největší intenzitu. Je-li tento směr rozdělen do dvou fází, bere se v úvahu pouze poloviční hodnota intenzity. V tom případě může nastat, že pak bude rozhodující intenzita považována intenzita jiného směru.

Koeficient faktoru omezení k se určí součinem jednotlivých koeficientů (viz. příloha I) dle vztahu č. 3.29.

$$k = k_{\xi} \times k_s \times k_R \times k_{odb} \times k_{ch} \times k_n [-] \quad (3.29)$$

Vzorový výpočet fiktivního zatížení M_I , M_{II} a M_{III} :

$$M_I = \frac{I_I}{n} \times k_I \times k_{nár} = \frac{405,2}{1} \times 1,02 \times 1,3 = 537,3 \text{ j. v./h} \quad (\text{viz. 3.28})$$

$$k = k_{\xi} \times k_s \times k_R \times k_{odb} \times k_{ch} \times k_n = 0,85 \times 1 \times 1 \times 1,20 \times 1 \times 1 = 1,02 \quad (\text{viz. 3.29})$$

$$M_{II} = \frac{I_{II}}{n} \times k_{II} \times k_{nár} = \frac{333}{1} \times 1,10 \times 1,3 = 476,2 \text{ j. v./h}$$

$$k = k_{\xi} \times k_s \times k_R \times k_{odb} \times k_{ch} \times k_n = 1 \times 1 \times 1,10 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,10$$

$$M_{III} = \frac{I_{III}}{n} \times k_{III} \times k_{nár} = \frac{81}{1} \times 1,32 \times 1,3 = 139 \text{ j. v./h}$$

$$k = k_{\xi} \times k_s \times k_R \times k_{odb} \times k_{ch} \times k_n = 1,15 \times 1 \times 1,15 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,32$$

Součet výpočtových fiktivních zatížení se pak určí ze vztahu č. 3.30:

$$\sum M = \sum_{i=1}^{n_f} M_i \text{ [j. v./h]} \quad (3.30)$$

kde: M_i ... výpočtové fiktivní zatížení příslušné fáze [j.v./h],

n_f ... počet fází [-].

$$\sum M = M_I + M_{II} + M_{III} = 537,3 + 476,2 + 139 = 1152,5 \text{ j. v./h} \quad (\text{viz. 3.30})$$

– Výpočtová délka cyklu C_v [4]

Výpočtová délka cyklu C_v se vypočítá s využitím součtového mezičasu $\sum t_m$, součtu výpočtových fiktivních zatížení a saturovaného toku a určí se pomocí následujícího vzorce č. 3.31:

$$C_v = \frac{\sum t_m}{1 - \frac{\sum M}{S}} \text{ [s]} \quad (3.31)$$

kde: $\sum t_m$... součet rozhodujících mezičasů mezi jednotlivými fázemi za cyklus [s],

$\sum M$... součet výpočtových fiktivních zatížení rozhodujících pro každou fázi [j.v./h],

S ... saturovaný tok [j.v./h].

$$C_v = \frac{\sum t_m}{1 - \frac{\sum M}{S}} = \frac{11}{1 - \frac{1152,5}{1400}} = 62,2 \text{ s} \quad (\text{viz. 3.31})$$

Saturovaný tok je maximální počet vozidel, která mohou projet profilem stopčáry za jednotku času při ideálních dopravních podmínkách. V rámci jedné křižovatky je uvažován konstantní a to $S = 1400 \text{ j.v./h}$ až 1900 j.v./h . Nižší hodnoty saturovaného toku se používají pro výpočet cyklu řízení pro obce, kde si intenzita dopravy prozatím nevyžádala pokles vstupních časů vozidel, případně kde se světelná signalizace teprve zavádí.[4]

- Hodnotu výsledného cyklu C se dostane navýšením výpočtové délky cyklu C_v o 5 % až 10 % podle vzorce č. 3.32.[4]

Orientační hodnoty délky cyklu C udávají (TP 81) takto:

- minimální 30 s,
- optimální 50 s až 80 s,
- maximální 100 s, resp. 120 s.

$$C = (1,05 \div 1,10) \times C_v = 1,10 \times 62,2 = 68 \text{ s} \quad (3.32)$$

- Délka signální skupiny volno [4]

Délka zelené i-té signální skupiny z_i závisí na délce cyklu, hodnotě saturovaného toku a výpočtovém fiktivním zatížení a vypočte se podle vzorce č. 3.33:

$$z_i = \frac{C \times M_i}{S} \text{ [s]} \quad (3.33)$$

kde: C ... délka cyklu [s],

M_i ... výpočtové fiktivní zatížení rozhodující pro i-tou signální skupinu [j.v./h],

S ... saturovaný tok [j.v./h].

$$z_1 = \frac{C \times M_1}{S} = \frac{68 \times 537,3}{1400} = 26,1 = 26 \text{ s}$$

$$z_2 = \frac{C \times M_2}{S} = \frac{68 \times 476,2}{1400} = 23,1 = 23 \text{ s}$$

$$z_3 = \frac{C \times M_3}{S} = \frac{68 \times 139}{1400} = 6,8 = 7 \text{ s}$$

Součet délek zelených jednotlivých fází se pak určí ze vztahu č. 3.34:

$$\sum z = \sum_{i=1}^{n_f} z_i \text{ [s]} \quad (3.34)$$

kde: z_i ... rozhodující délka zelené příslušné fáze [s],

n_f ... počet fází [-].

$$\sum z = z_I + z_{II} + z_{III} = 26 + 23 + 7 = 56 \text{ s} \quad (\text{viz. 3.34})$$

Pro kontrolu výpočtů slouží vztah č. 3.35, je v něm naznačena souvislost mezi délkou cyklu, součtovým mezičasem a součtem délek zelených:

$$C = \sum t_m + \sum z \text{ [s]} \quad (3.35)$$

$$68 = 11 + 56$$

$$68 \text{ s} = 67 \text{ s (nepřesnost vzniklá zaokrouhlením)}$$

- Posouzení kapacit jednotlivých vjezdů [4]

Kapacita vjezdu K závisí na hodnotě saturovaného toku, délce cyklu a příslušné délce zeleného signálu. Určí se pomocí vzorce č. 3.36:

$$K_i = \frac{S \times z_i}{C} \text{ [j. v./h]} \quad (3.36)$$

kde: S ... saturovaný tok [j.v./h],

z_i ... délka zelené i-té signální skupiny [s],

C ... délka cyklu [s].

$$K_I = \frac{S \times z_I}{C} = \frac{1400 \times 26}{68} = 535,3 \text{ [j. v./h]}$$

$$K_{II} = \frac{S \times z_{II}}{C} = \frac{1400 \times 23}{68} = 473,5 \text{ [j. v./h]}$$

$$K_{III} = \frac{S \times z_{III}}{C} = \frac{1400 \times 7}{68} = 144 \text{ [j. v./h]}$$

Rezerva vjezdu R se určí z kapacity vjezdu a z naměřených intenzit pomocí vztahu č. 3.37:

$$R_i = K_i - I_i \text{ [j. v./h]} \quad (3.37)$$

kde: K_i ... kapacita vjezdu [j.v./h],

I_i ... intenzita vozidel příslušného vjezdu [j.v./h].

Pro lepší názornost je možné rezervu vyjádřit v procentech podle vztahu č. 3.38:

$$R_i = \left(1 - \frac{I_i}{K_i}\right) \times 100 \text{ [%]} \quad (3.38)$$

$$R_1 = K_1 - I_1 = 535,3 - 405,2 = 130,1 \text{ [j. v./h]}$$

$$R_2 = K_2 - I_2 = 473,5 - 333 = 140,5 \text{ [j. v./h]}$$

$$R_3 = K_3 - I_3 = 144 - 81 = 63 \text{ [j. v./h]}$$

$$R_1 = \left(1 - \frac{I_1}{K_1}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{405,2}{535,3}\right) \times 100 = 24,3\%$$

$$R_2 = \left(1 - \frac{I_2}{K_2}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{333}{473,5}\right) \times 100 = 29,7\%$$

$$R_3 = \left(1 - \frac{I_3}{K_3}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{81}{144}\right) \times 100 = 43,75\%$$

Délka řadícího pruhu l_i se zjednodušeně vypočítá z následujícího vztahu č. 3.39:

$$l_i = \frac{6}{3600} \times I_i \times (C - z_i) \text{ [m]} \quad (3.39)$$

kde: I_i ... intenzita vozidel příslušného vjezdu [j.v./h],

C ... délka cyklu [s],

z_i ... délka zelené příslušného vjezdu [s],

6 ... délka jednotkového vozidla včetně mezery [m],

$3600/C$... počet cyklů za hodinu.

$$l_{2,3} = \frac{6}{3600} \times I_{2,3} \times (C - z_1) = \frac{6}{3600} \times 405,2 \times (68 - 26) = 28 \text{ m}$$

$$l_8 = \frac{6}{3600} \times I_8 \times (C - z_{1,2}) = \frac{6}{3600} \times 371,5 \times (68 - 49) = 11,8 \text{ m}$$

$$l_7 = \frac{6}{3600} \times I_7 \times (C - z_2) = \frac{6}{3600} \times 333 \times (68 - 23) = 25 \text{ m}$$

$$l_6 = \frac{6}{3600} \times I_6 \times (C - z_{2,3}) = \frac{6}{3600} \times 133 \times (68 - 30) = 8,4 \text{ m}$$

$$l_4 = \frac{6}{3600} \times I_4 \times (C - z_3) = \frac{6}{3600} \times 81 \times (68 - 7) = 8,2 \text{ m}$$

Vyhodnocení výpočtu SSZ podle metody spotřeby času

Podle postupu uvedeného v TP 81 bylo jako první vypočteno celkové fiktivní zatížení všech fází SSZ. Následně byla vypočtena délka cyklu $C_v = 68$ s a doby signálů volno pro jednotlivé fáze. Na závěr výpočtu, byly zjištěny rezervy vjezdu jednotlivých fází (s rezervou 24,3 % pro 1. fázi, 29,7 % pro 2. fázi a 43,78 % pro 3. fázi). Jako výsledek těchto výpočtů je vypracován signální plán (viz. příloha J).

Světelné signalizační zařízení na křižovatce Závodní – Moravská má dynamický signální plán s preferencí tramvajových vozidel MHD, řešená vkládáním fáze na výzvu. V provozu bude SSZ v době ranní a odpolední špičky. Mimo tyto intervaly se provoz na křižovatce bude řídit pomocí svislého dopravního značení, z důvodů malých mimošpičkových intenzit dopravních proudů č. 4 a 6.

4 Zhodnocení návrhů

Pro zhodnocení návrhů bylo použito porovnání z ekonomického hlediska. Porovnávány budou tři varianty návrhu úprav organizace a řízení na této křižovatce. První dva návrhy reprezentují jednotlivé stavební úpravy křižovatky, třetí je proveden zřízením světelného signalizačního zařízení s patřičnými stavebními úpravami.

4.1 Ekonomické zhodnocení stavební úpravy vybudováním samostatného odbočovacího pruhu pro levé odbočení z hlavní pozemní komunikace (návrh č. 1)

Pro vyčíslení nákladů potřebných na tento návrh úpravy slouží tabulka č. 4.1.

Tabulka č. 4.1 Vyčíslení nákladů na návrh úpravy vybudováním samostatného odbočovacího pruhu pro levé odbočení z hlavní pozemní komunikace [8].

Dopravní značení	Návrh č. 1			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Vodorovné dopravní značení	40	m ²	450 Kč	18 000 Kč
Odstranění vodorovného značení	0	m ²	180 Kč	- Kč
Svislé dopravní značení dodávka IP 19	1	celek	18 750 Kč	18 750 Kč
Montáž a demontáž svislého značení IP19	1	celek	10 800 Kč	10 800 Kč
Svislé dopravní značení základní rozměr	4	ks	1 000 Kč	4 000 Kč
Montáž a demontáž svislého značení zákl.	4	ks	200 Kč	800 Kč
Provizorní dopravní značení	1	měsíc	15 000 Kč	15 000 Kč
Cena celkem				67 350 Kč

Stavební úpravy	Návrh č. 1			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Rekonstrukce vozovky	360	m ²	3 500 Kč	1 260 000 Kč
Vybudování chodníku- zámková dlažba	175	m ²	600 Kč	105 000 Kč
Obruby	110	m	300 Kč	33 000 Kč
Rezerva	1	ks	100 000 Kč	100 000 Kč
Cena celkem				1 498 000 Kč

Položka celková	Návrh č. 1			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Dopravní značení	1	celek	67 350 Kč	67 350 Kč
Stavební úpravy	1	celek	1 498 000 Kč	1 498 000 Kč
Cena celkem				1 565 350 Kč

Tento návrh by výrazně zlepšil úroveň kvality dopravy na křižovatce Závodní – Moravská. Střední doba čekání vozidel jedoucích z vedlejší pozemní komunikace byla snížena na hodnotu $t_w = 29,1$ s, taktéž se snížila délka fronty těchto čekajících vozidel na hodnotu $N_{95\%} = 29,6$ m. Tento způsob návrhu z hlediska bezpečnosti provozu na křižovatce není schopen eliminovat všechny konfliktní situace, které byly na dané křižovatce zjištěny.

4.2 Ekonomické zhodnocení stavební úpravy vybudováním samostatného odbočovacího pruhu pro levé odbočení z hlavní a rozšířením vjezdu z vedlejší pozemní komunikace (návrh č. 2)

Pro vyčíslení nákladů potřebných na tento návrh úpravy slouží tabulka č. 4.2.

Tabulka č. 4.2 Vyčíslení nákladů na návrh úpravy vybudováním samostatného odbočovacího pruhu pro levé odbočení z hlavní a rozšířením vjezdu z vedlejší pozemní komunikace [8].

Dopravní značení	Návrh č. 2			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Vodorovné dopravní značení	120	m ²	450 Kč	54 000 Kč
Odstranění vodorovného značení	25	m ²	180 Kč	4 500 Kč
Svislé dopravní značení dodávka IP 19	2	celek	18 750 Kč	37 500 Kč
Montáž a demontáž svislého značení IP19	2	celek	10 800 Kč	21 600 Kč
Svislé dopravní značení základní rozměr	10	ks	1 000 Kč	10 000 Kč
Montáž a demontáž svislého značení zákl.	10	ks	200 Kč	2 000 Kč
Provizorní dopravní značení	3	měsíc	15 000 Kč	45 000 Kč
Cena celkem				174 600 Kč

Stavební úpravy	Návrh č. 2			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Rekonstrukce vozovky	500	m ²	3 500 Kč	1 750 000 Kč
Vybudování chodníku- zámková dlažba	220	m ²	600 Kč	132 000 Kč
Obruby	150	m	300 Kč	45 000 Kč
Bezbariérové úpravy	10	m ²	1 500 Kč	15 000 Kč
Rezerva	1	ks	100 000 Kč	100 000 Kč
Cena celkem				2 042 000 Kč

Položka celková	Návrh č. 2			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Dopravní značení	1	celek	174 600 Kč	174 600 Kč
Stavební úpravy	1	celek	2 042 000 Kč	2 042 000 Kč
Cena celkem				2 216 600 Kč

Tento návrh č. 2 stavebních úprav křižovatky je efektivnější než návrh č. 1. Střední doba čekání vozidel na vedlejší pozemní komunikaci má hodnotu $t_w = 14,5$ s a délka fronty čekajících vozidel je $N_{95\%} = 15,27$ m. Opět není nejvhodnějším pro zlepšení bezpečnosti provozu na křižovatce.

4.3 Ekonomické zhodnocení návrhu SSZ (návrh č. 3)

Pro vyčíslení nákladů potřebných na tento návrh úpravy slouží tabulka č. 4.3.

Tabulka č. 4.3 Vyčíslení nákladů na návrh SSZ [8]

Dopravní značení	Návrh č. 3			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Vodorovné dopravní značení	120	m ²	450 Kč	54 000 Kč
Odstranění vodorovného značení	25	m ²	180 Kč	4 500 Kč
Svislé dopravní značení dodávka IP 19	2	celek	18 750 Kč	37 500 Kč
Montáž a demontáž svislého značení IP19	2	celek	10 800 Kč	21 600 Kč
Svislé dopravní značení základní rozměr	10	ks	1 000 Kč	10 000 Kč
Montáž a demontáž svislého značení zákl.	10	ks	200 Kč	2 000 Kč
Provizorní dopravní značení	3	měsíc	15 000 Kč	45 000 Kč
Cena celkem				174 600 Kč

Stavební úpravy	Návrh č. 3			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Rekonstrukce vozovky	500	m ²	3 500 Kč	1 750 000 Kč
Vybudování chodníku- zámková dlažba	220	m ²	600 Kč	132 000 Kč
Obruby	150	m	300 Kč	45 000 Kč
Bezbariérové úpravy	10	m ²	1 500 Kč	15 000 Kč
Rezerva	1	ks	100 000 Kč	100 000 Kč
Cena celkem				2 042 000 Kč

Světelné signalizační zařízení	Návrh č. 3			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Nosný materiál -stožáry,výložníky, návěstidla	1	celek	900 000 Kč	900 000 Kč
Ostatní materiál	1	celek	40 000 Kč	40 000 Kč
Montáže	1	celek	500 000 Kč	500 000 Kč
Zemní práce	1	celek	400 000 Kč	400 000 Kč
Koordinální kabel	200	m	550 Kč	110 000 Kč
Řadič světelné signalizace	1	celek	700 000 Kč	700 000 Kč
Rezerva	1	celek	700 000 Kč	700 000 Kč
Cena celkem				3 350 000 Kč

Položka celková	Návrh č. 3			
	Množství	Jednotka	Cena jednotky	Cena v Kč
Dopravní značení	1	celek	174 600 Kč	174 600 Kč
Stavební úpravy	1	celek	2 042 000 Kč	2 042 000 Kč
Světelné signalizační zařízení	1	celek	3 350 000 Kč	3 350 000 Kč
Cena celkem				5 566 600 Kč

Návrh č. 3 by nejlépe zajistil bezpečnost provozu na křižovatce (SSZ umožňuje průjezd křižovatkou pouze těm směrům, které nejsou kolizní). Výrazně by ovšem změnila plynulost průjezdu křižovatkou pro nadřazené dopravní proudy, jejichž intenzity jsou daleko větší než intenzity dopravních proudů jim podřízených. Řízení pomocí SSZ by probíhalo pouze ve špičkových intervalech dopravy na křižovatce, a to z důvodu nízké intenzity vozidel odbočujících z vedlejší pozemní komunikace v čase mimo těchto intervalů.

4.4 Výběr nejvhodnějšího návrhu úprav organizace a provozu na křižovatce Závodní - Moravská

Z hlediska ekonomického by byla nejvýhodnější varianta návrh č. 1 (vybudování samostatného odbočovacího pruhu pro odbočení vlevo na hlavní pozemní komunikaci). Co se týče bezpečnosti, tento návrh by eliminoval jízdu vozidel po tramvajovém pásu a případný střet s tramvajovými vozidly MHD. Neřešil by ovšem vznikající fronty vozidel na vedlejší pozemní komunikaci a omezování vozidel dopravního proudu č. 6 vozidly dopravního proudu č. 4.

Tento problém by vyřešil návrh č. 2 (vybudování samostatného odbočovacího pruhu pro odbočení vlevo na hlavní a rozšíření vjezdu na vedlejší pozemní komunikaci), který by umožňoval řazení těchto dopravních proudů vedle sebe v délce 20 m. Návrh č. 2 by také poskytoval větší úroveň kvality dopravy s menší střední dobou čekání a délkou fronty. Náklady na návrh č. 2 by přitom jen mírně převyšovaly náklady na návrh č. 1.

Návrh č. 3 (řízení provozu pomocí SSZ) by poskytoval největší bezpečnost provozu na křižovatce. Náklady na realizaci tohoto návrhu by byly oproti prvním dvěma variantám neúměrně vyšší, navíc by řízení pomocí SSZ bylo v provozu pouze ve špičkových intervalech silničního provozu na křižovatce.

Jako nejvhodnější variantu proto volím úpravu organizace a řízení dopravy na křižovatce Závodní – Moravská vybudováním samostatného odbočovacího pruhu pro levé odbočení z hlavní a rozšířením vjezdu z vedlejší pozemní komunikace.

5 Závěr

Cílem mé bakalářské práce je navrhnout úpravy organizace a řízení dopravy, které povedou ke zvýšení plynulosti a bezpečnosti provozu na křižovatce Závodní – Moravská v Ostravě Hrabůvce.

K úspěšnému splnění tohoto cíle byla důležitá pozorovací měření dané křižovatky, ze kterých jsem se seznámil s její charakteristikou a získal veškeré podklady pro vypracování úprav organizace a řízení dopravy, které povedou k nejefektivnějšímu řešení bezpečnosti a plynulosti provozu na křižovatce. Měření jsem zaznamenával pomocí videozáznamu, který mi umožnil měřené hodnoty vyhodnotit později, v klidu a dokazuje jejich pravost. Takto jsem získal hodnoty struktury projíždějících dopravních prostředků a jejich intenzit (zaznačených do pentlogramu a kartogramu).

V následujícím postupu jsem provedl analýzu dopravní nehodovosti a konfliktních situací. Výsledkem bylo zjištění tvořících se front na výjezdu z vedlejší pozemní komunikace (průměrná doba čekání 80 s) a častá jízda po pásu tramvajové dopravy s občasným omezením samotných tramvají.

Jako návrhy úprav organizace a řízení provozu jsem zvolil patřičné stavební úpravy křižovatky a návrh světelného signalizačního zařízení.

Pro stavební úpravy jsem použil přidání samostatného odbočovacího pruhu vlevo na hlavní pozemní komunikaci, rozšíření vjezdu na vedlejší pozemní komunikaci (nevyhovovalo požadavkům intenzit dopravních proudů) a kombinaci přidání samostatného odbočovacího pruhu vlevo na hlavní pozemní komunikaci a rozšíření vjezdu na vedlejší pozemní komunikaci. Jako poslední návrh byl řízení provozu pomocí světelného signalizačního zařízení s třemi fázemi a délkou cyklu $C = 68\text{s}$.

Jako nejprůzračnější návrh k plynulosti provozu, ekonomickému hledisku a bezpečnosti na křižovatce jsem zvolil úpravu s přidáním samostatného odbočovacího pruhu vlevo na hlavní pozemní komunikaci a rozšířením vjezdu na vedlejší pozemní komunikaci. Těmito úpravami jsem docílil snížení střední doby zdržení na hodnotu $t_w = 14,5\text{s}$ a délky fronty na hodnotu $N_{95\%} = 15,27\text{m}$. Vyřešil se tím také problém omezování vozidel odbočujících z vedlejší komunikace vpravo, vozidla odbočujících z vedlejší pozemní komunikace vlevo. Náklady na stavební úpravy návrhu č. 2 byly vyčísleny na 2 216 600 Kč. Takovou úpravou se patřičně docílilo zvětšení úrovně kvality dopravy na křižovatce Závodní – Moravská.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DANĚK, J.; KŘIVDA, V. *Základy dopravy*, Ostrava: VŠB – TU, 2007. 192s. ISBN 978 – 80 – 248 – 0410 - 1
- [2] *Jízdní řády* [online] Ministerstvo dopravy. [cit. 2010 – 1 - 5].
Dostupný z WWW: <<http://jizdnirady.idnes.cz/ostrava/spojeni/>>
- [3] *Maps* [online]. [cit. 2010 – 1 - 5]. Dostupný z WWW: <<http://maps.google.cz/>>
- [4] KŘIVDA, Vladislav. *Organizace a řízení II*, Ostrava: VŠB – TU, 2009. 154s. ISBN 978 – 80 – 248 – 2123 - 8
- [5] FOLPRECHT, J.; KŘIVDA, V. *Organizace a řízení I*, Ostrava: VŠB – TU, 2006. 158s. ISBN – 80 – 248 – 1030 – 1
- [6] *Technické podmínky TP 188. Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek*. Liberec: EDIP. Ministerstvo dopravy ČR, 2007. 64 s. ISBN 978-80-902527-6-9
- [7] *Technické podmínky TP 81. Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích*. Brno: CDV. Ministerstvo dopravy, 2006. 111 s. ISBN: 80-86502-30-9
- [8] ŠÍMA, Ladislav. *Osobní sdělení*. Ostravské komunikace a.s., Ostrava. [2010 - 4 - 28]

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat doc. Ing. Ivaně Olivkové, Ph.D., za odborné vedení bakalářské práce a za poskytnutí řady cenných rad a připomínek, které účinně přispěly k celkovému zpracování této práce. Taktéž bych chtěl poděkovat Ing. Vladislavu Křivdovi, Ph.D. a zaměstnancům Ostravských komunikací a.s. za odborné konzultace a poskytnuté materiály. V neposlední řadě svým rodičům za poskytnutí podpory a zázemí při studiu.

Přílohy

Seznam příloh:

- Příloha A:** Dopravní průzkum
- Příloha B:** Tabulka seznamu a zobrazení konfliktních situací
- Příloha C:** Výpočet střední doby zdržení a délky fronty smíšeného dopravního proudu č. 4 a 6
- Příloha D:** Výpočet střední doby zdržení a délky fronty dopravního proudu č. 7
- Příloha E:** Výpočet střední doby zdržení a délky fronty pro smíšený dopravní proud č. 4 a 6
- Příloha F:** Průzkum průměrné doby čekání na vedlejší pozemní komunikaci Moravská
- Příloha G:** Standardní hodnoty pro výpočet mezičasů
- Příloha H:** Označení směrů průjezdu vozidel křižovatkou Závodní – Moravská
- Příloha CH:** Tabulky mezičasů mezi jednotlivými fázemi
- Příloha I:** Koeficienty pro výpočet fiktivního zatížení M
- Příloha J:** Signální plán křižovatky Závodní - Moravská

Příloha A: Dopravní průzkum křižovatky Závodní – Moravská

Datum měření: běžný pracovní den, 25. 11. 2009

Hodina měření: 14:30 – 15:30

Jméno měřícího: Aleš Mynařík

	osobní aut.	j.v./h	nákl. aut.	j.v./h	tramvaj	j.v./h	autobus	j.v./h	cyklista	j.v./h	os. aut. + přívěs	j.v./h	součet j. v./h
Závodní A - Závodní C	251	251	0	0	6	18	7	14	2	0,6	2	4	268
Závodní A - Moravská B	117	117	0	0	0	0	0	0	2	0,6	0	0	119
Závodní C - Závodní A	334	334	1	2	6	18	7	14	5	1,5	1	2	354
Závodní C - Moravská B	331	331	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	332
Moravská B - Závodní A	81	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
Moravská B - Závodní C	133	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133
součet	1247	1247	2	4	12	36	14	28	9	2,7	3	6	

Označení místa měření



Příloha B: Tabulka seznamu a zobrazení konfliktních situací

Č.:	Čas:	Symbol:	Stručný popis konfliktní situace:
1	14:31:46	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
2	14:33:50	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
3	14:36:28	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
4	14:37:21	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
5	14:37:45	6f2	Omezení vozidla, kvůli vozidla odbočujícího doleva
5	14:38:33	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
6	14:38:40	6C2	Vozidlo nedalo přednost při odbočení doleva
7	14:39:08	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
8	14:40:13	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
9	14:40:15	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
10	14:40:46	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
11	14:41:05	6D2	Omezení vozidla při odbočování doprava z vedl. komunikace
12	14:41:06	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
13	14:41:30	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
14	14:42:25	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
15	14:42:38	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
16	14:43:20	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
17	14:43:33	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
18	14:45:53	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
19	14:46:10	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
20	14:46:25	7D2	Při odbočování doleva, nedání přednosti tramvaji
21	14:47:22	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
22	14:48:43	6C2	Omezení vozidla při odbočování doleva z vedl. komunikace
23	14:49:03	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
24	14:53:10	6f2	Omezení vozidla, kvůli vozidla odbočujícího doleva
25	14:53:38	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
26	14:54:37	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
27	14:55:57	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
28	14:26:14	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
29	14:56:42	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
30	14:57:36	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
31	14:57:46	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
32	14:57:53	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
33	15:00:27	2f2	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
34	15:02:35	2f2	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
35	15:03:05	2f2	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
36	15:04:45	2f1	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
37	15:07:29	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
38	15:09:56	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
39	15:12:55	2f2	Vznik fronty na vedlejší komunikaci

40	15:14:13	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
41	15:14:30	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
42	15:16:00	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
43	15:18:20	2f2	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
44	15:18:38	2D1	Jízda po kolejích při odbočení doleva
45	15:21:20	2f2	Vznik fronty na vedlejší komunikaci
46	15:22:01	2f2	Vznik fronty na vedlejší komunikaci

7D2



2f2



Příloha C: Výpočet střední doby zdržení a délky fronty smíšeného dopravního proudu č. 4
a 6

$$q_0 = \frac{70}{3600} = 0,0194 \text{ j.v./s}$$

$$\mu_0 = \frac{1600}{3600} = 0,444 \text{ j.v./s}$$

$$q = \frac{I_{4,6}}{3600} = \frac{214}{3600} = 0,0594 \text{ j.v./s}$$

$$\mu = \frac{C_{4,6}}{3600} = \frac{141,8}{3600} = 0,0394 \text{ j.v./s}$$

$$y = \frac{1 - \mu - \mu_0 + q_0}{q} = \frac{1 - 0,0394 - 0,444 + 0,0194}{0,0594} = 9,024$$

$$E = \frac{q_0}{\mu_0 \times (\mu_0 - q_0)} = \frac{0,0194}{0,444 \times (0,444 - 0,0194)} = 0,1029$$

$$\begin{aligned} G &= \frac{2 \times T \times y}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{q}{\mu} - (\mu - q) \times E \right] \\ &= \frac{2 \times 3600 \times 9,024}{0,444 - 0,0194} \times \left[\frac{0,0594}{0,0394} - (0,0394 - 0,0594) \times 0,1029 \right] \\ &= 231011,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{T}{2} \times (\mu - q) \times y + \left(y - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{\mu} \right) \right] + E \\ &= \frac{1}{0,444 - 0,0194} \\ &\times \left[\frac{3600}{2} \times (0,0394 - 0,0594) \times 9,024 \right. \\ &\left. + \left(9,024 - \frac{0,0394 - 0,444 + 0,0194}{0,0394} \right) \right] + 0,1029 = -720,725 \end{aligned}$$

$$D_1 = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{F^2 + G} - F \right) = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{-720,725^2 + 231,011,85} - (-720,725) \right) = 793,51$$

$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu} = 793,51 + 0,1029 + \frac{1}{0,0394} = 819 \text{ s}$$

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \times C_n \times \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3 \times \frac{8 \times a_v}{C_n}} \right) = \frac{3}{2} \times 141,8 \times \left(1,51 - 1 + \right.$$

$$\left. \sqrt{(1 - 1,51)^2 + 3 \times \frac{8 \times 1,51}{141,8}} \right) = 261,3 \text{ m}$$

Příloha D: Výpočet střední doby zdržení a délky fronty dopravního proudu č. 7

$$q_0 = \frac{170}{3600} = 0,0472 \text{ j.v./s}$$

$$\mu_0 = \frac{1600}{3600} = 0,444 \text{ j.v./s}$$

$$q = \frac{I_7}{3600} = \frac{333}{3600} = 0,0925 \text{ j.v./s}$$

$$\mu = \frac{C_7}{3600} = \frac{981,6}{3600} = 0,27267 \text{ j.v./s}$$

$$y = \frac{1 - \mu - \mu_0 + q_0}{q} = \frac{1 - 0,27267 - 0,444 + 0,0472}{0,0925} = 3,5733$$

$$E = \frac{q_0}{\mu_0 \times (\mu_0 - q_0)} = \frac{0,0472}{0,444 \times (0,444 - 0,0472)} = 0,26791$$

$$\begin{aligned} G &= \frac{2 \times T \times y}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{q}{\mu} - (\mu - q) \times E \right] \\ &= \frac{2 \times 3600 \times 3,5733}{0,444 - 0,0472} \times \left[\frac{0,0925}{0,27267} - (0,27267 - 0,0925) \times 0,26791 \right] \\ &= 18865,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{T}{2} \times (\mu - q) \times y + \left(y - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{\mu} \right) \right] + E \\ &= \frac{1}{0,444 - 0,0472} \\ &\quad \times \left[\frac{3600}{2} \times (0,27267 - 0,0925) \times 3,5733 \right. \\ &\quad \left. + \left(3,5733 - \frac{0,27267 - 0,444 + 0,0472}{0,27267} \right) \right] + 0,26791 = 2930,89 \end{aligned}$$

$$D_1 = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{F^2 + G} - F \right) = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{2930,89^2 + 18865,85} - 2930,89 \right) = 1,6088$$

$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu} = 1,6088 + 0,26791 + \frac{1}{0,27267} = 5,54 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} N_{95\%} &= \frac{3}{2} \times C_n \times \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3 \times \frac{8 \times a_v}{C_n}} \right) = \frac{3}{2} \times 981,6 \times \left(0,339 - 1 + \right. \\ &\quad \left. \sqrt{(1 - 0,339)^2 + 3 \times \frac{8 \times 0,339}{981,6}} \right) = 9,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Příloha E: Výpočet střední doby zdržení a délky fronty pro smíšený dopravní proud č. 4 a 6 (při samostatném odbočovacím pruhu z hlavní pozemní komunikace a rozšířeným vjezdem na vedlejší pozemní komunikaci)

$$q_0 = \frac{100}{3600} = 0,0278 \text{ j.v./s}$$

$$\mu_0 = \frac{1600}{3600} = 0,444 \text{ j.v./s}$$

$$q = \frac{I_{4,6}}{3600} = \frac{214}{3600} = 0,0594 \text{ j.v./s}$$

$$\mu = \frac{C_{4,6}}{3600} = \frac{461,7}{3600} = 0,128 \text{ j.v./s}$$

$$y = \frac{1 - \mu - \mu_0 + q_0}{q} = \frac{1 - 0,128 - 0,444 + 0,0278}{0,0594} = 7,67$$

$$E = \frac{q_0}{\mu_0 \times (\mu_0 - q_0)} = \frac{0,0278}{0,444 \times (0,444 - 0,0278)} = 0,15$$

$$G = \frac{2 \times T \times y}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{q}{\mu} - (\mu - q) \times E \right]$$

$$= \frac{2 \times 3600 \times 7,67}{0,444 - 0,0278} \times \left[\frac{0,0594}{0,128} - (0,128 - 0,0594) \times 0,15 \right] = 60209,3$$

$$F = \frac{1}{\mu_0 - q_0} \times \left[\frac{T}{2} \times (\mu - q) \times y + \left(y - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{\mu} \right) \right] + E$$

$$= \frac{1}{0,444 - 0,0278}$$

$$\times \left[\frac{3600}{2} \times (0,128 - 0,0594) \times 7,67 + \left(7,67 - \frac{0,128 - 0,444 + 0,0278}{0,128} \right) \right]$$

$$+ 0,15 = 2299,56$$

$$D_1 = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{F^2 + G} - F \right) = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{2299,56^2 + 60209,3} - 2299,56 \right) = 6,53$$

$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu} = 6,53 + 0,15 + \frac{1}{0,128} = 14,5 \text{ s}$$

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \times C_n \times \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3 \times \frac{8 \times a_v}{C_n}} \right) = \frac{3}{2} \times 461,7 \times \left(0,464 - 1 + \right.$$

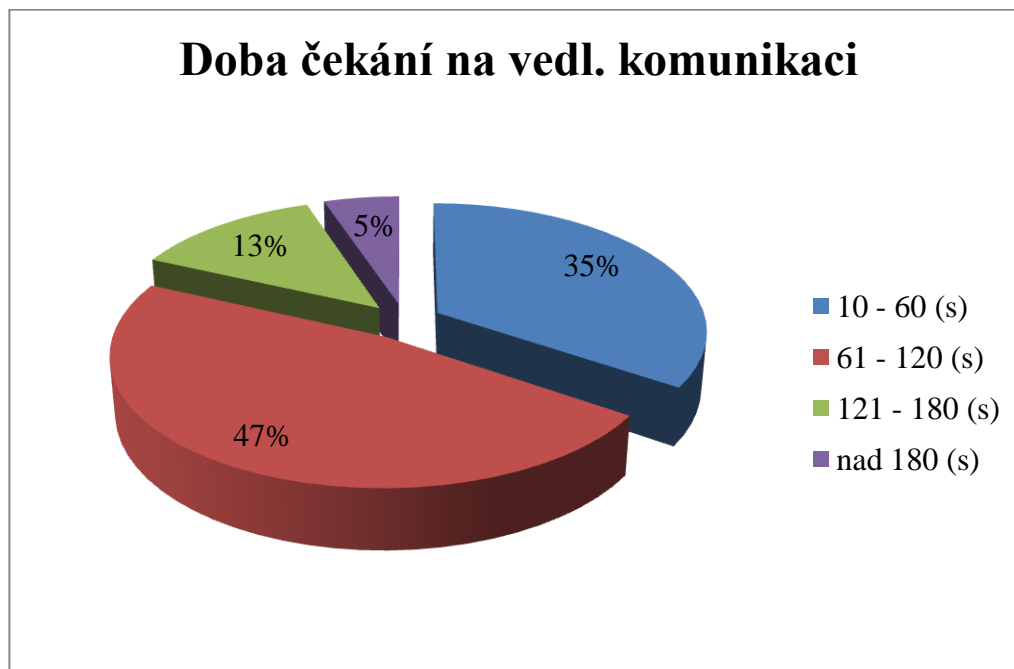
$$\left. \sqrt{(1 - 0,464)^2 + 3 \times \frac{8 \times 0,464}{461,7}} \right) = 15,27 \text{ m}$$

Příloha F: Graf a tabulka čekajících vozidel na odbočení z ulice Moravská.

Datum měření: běžný pracovní den, 8. 3. 2010

Hodina měření: 14:50 – 15:50

Jméno měřícího: Aleš Mynařík



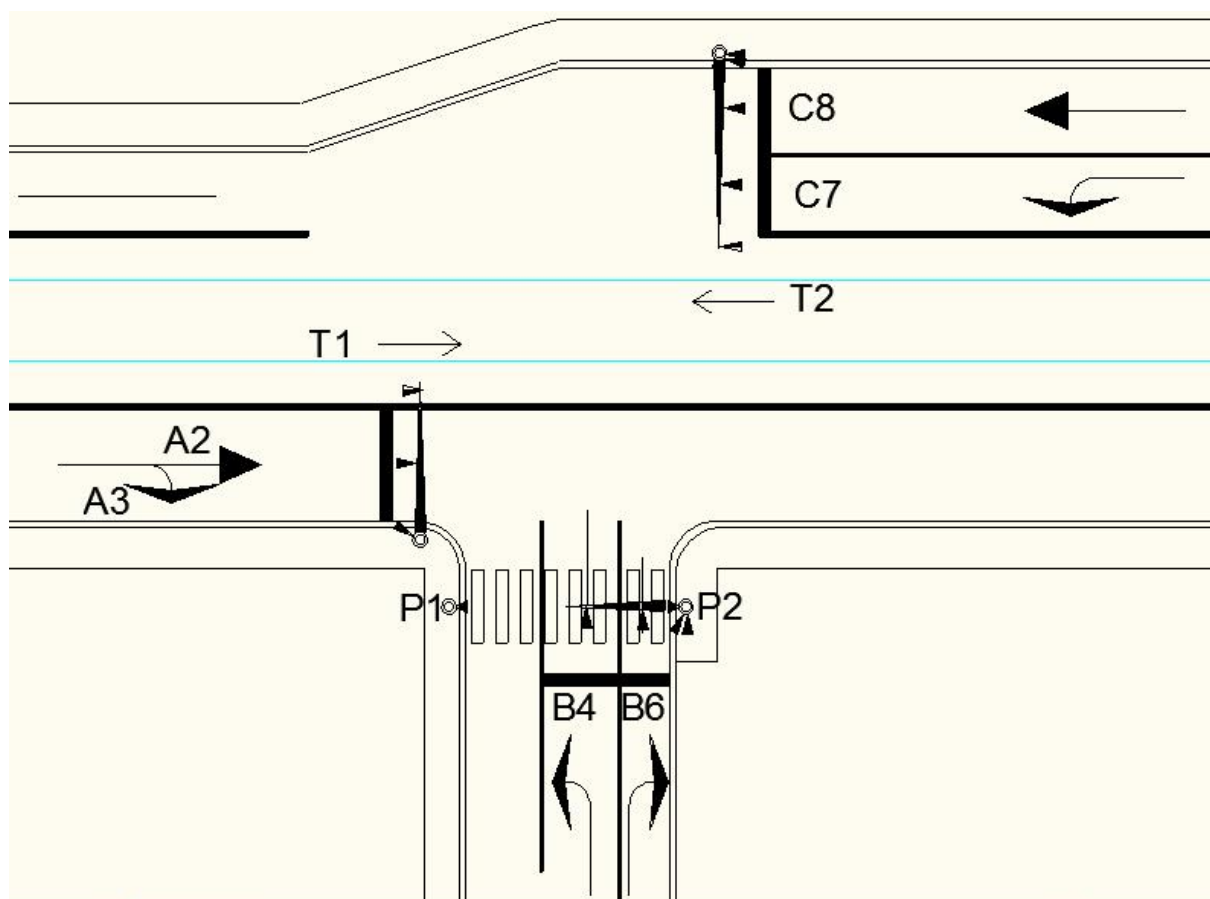
přijetí	odjetí	doba čekání	přijetí	odjetí	doba čekání	přijetí	odjetí	doba čekání
14:53:37	14:55:24	0:01:47	14:58:45	14:59:45	0:01:00	15:10:17	15:10:42	0:00:25
14:53:44	14:55:37	0:01:53	14:58:50	14:59:52	0:01:02	15:12:05	15:12:22	0:00:17
14:54:05	14:55:41	0:01:36	14:59:00	14:59:55	0:00:55	15:12:09	15:12:36	0:00:27
14:54:06	14:56:13	0:02:07	14:59:00	15:00:02	0:01:02	15:13:53	15:14:35	0:00:42
14:54:18	14:56:24	0:02:06	14:59:00	15:00:05	0:01:05	15:13:55	15:14:41	0:00:46
14:54:32	14:56:27	0:01:55	14:59:10	15:00:08	0:00:58	15:15:43	15:16:10	0:00:27
14:54:50	14:56:35	0:01:45	14:59:10	15:00:13	0:01:03	15:16:24	15:17:31	0:01:07
14:55:20	14:56:40	0:01:20	14:59:14	15:00:19	0:01:05	15:16:28	15:17:38	0:01:10
14:55:20	14:56:55	0:01:35	14:59:30	15:00:32	0:01:02	15:16:38	15:17:46	0:01:08
14:55:20	14:57:03	0:01:43	15:04:17	15:04:45	0:00:28	15:17:19	15:17:51	0:00:32
14:55:20	14:57:22	0:02:02	15:04:44	15:05:20	0:00:36	15:19:00	15:19:36	0:00:36
14:56:30	14:57:31	0:01:01	15:05:36	15:06:28	0:00:52	15:19:05	15:19:43	0:00:38
14:56:30	14:57:35	0:01:05	15:05:40	15:06:46	0:01:06	15:19:10	15:19:46	0:00:36
14:56:30	14:57:49	0:01:19	15:06:20	15:09:00	0:02:40	15:21:15	15:21:42	0:00:27
14:56:55	14:58:16	0:01:21	15:06:42	15:09:05	0:02:23	15:21:20	15:21:55	0:00:35
14:56:55	14:58:22	0:01:27	15:06:50	15:09:15	0:02:25	15:21:25	15:22:07	0:00:42
14:56:55	14:58:24	0:01:29	15:07:24	15:09:21	0:01:57	15:21:28	15:22:08	0:00:40
14:56:55	14:58:27	0:01:32	15:07:25	15:09:36	0:02:11	15:21:42	15:22:19	0:00:37
14:57:05	14:58:42	0:01:37	15:07:26	15:09:41	0:02:15	15:21:56	15:22:21	0:00:25
14:57:30	14:58:46	0:01:16	15:08:20	15:09:48	0:01:28	15:22:08	15:22:36	0:00:28
14:57:30	14:58:52	0:01:22	15:08:45	15:10:02	0:01:17	15:22:08	15:22:40	0:00:32
14:57:30	14:58:59	0:01:29	15:08:45	15:10:08	0:01:23	15:22:19	15:22:44	0:00:25
14:58:00	14:59:05	0:01:05	15:08:45	15:10:17	0:01:32	15:25:28	15:25:46	0:00:18
14:58:10	14:59:16	0:01:06	15:09:00	15:10:22	0:01:22	15:25:32	15:26:12	0:00:40
14:58:10	14:59:27	0:01:17	15:09:00	15:10:25	0:01:25	15:25:38	15:26:18	0:00:40

přijetí	odjetí	doba čekání	přijetí	odjetí	doba čekání	přijetí	odjetí	doba čekání
15:25:57	15:26:31	0:00:34	15:32:38	15:33:37	0:00:59	15:41:55	15:44:59	0:03:04
15:26:10	15:26:38	0:00:28	15:36:35	15:37:00	0:00:25	15:42:01	15:45:23	0:03:22
15:26:17	15:26:50	0:00:33	15:36:37	15:38:03	0:01:26	15:42:01	15:45:29	0:03:28
15:26:19	15:26:59	0:00:40	15:36:57	15:38:09	0:01:12	15:44:00	15:45:33	0:01:33
15:26:20	15:27:04	0:00:44	15:37:27	15:38:20	0:00:53	15:44:45	15:45:40	0:00:55
15:26:42	15:27:16	0:00:34	15:37:38	15:38:40	0:01:02	15:44:48	15:46:00	0:01:12
15:26:44	15:27:23	0:00:39	15:37:50	15:38:44	0:00:54	15:44:50	15:46:06	0:01:16
15:26:53	15:27:25	0:00:32	15:38:26	15:39:05	0:00:39	15:44:59	15:46:35	0:01:36
15:28:21	15:28:40	0:00:19	15:38:49	15:39:07	0:00:18	15:45:05	15:47:02	0:01:57
15:28:23	15:28:58	0:00:35	15:38:52	15:39:31	0:00:39	15:45:08	15:47:09	0:02:01
15:29:40	15:30:11	0:00:31	15:39:00	15:39:40	0:00:40	15:45:14	15:47:33	0:02:19
15:29:44	15:30:31	0:00:47	15:39:00	15:40:04	0:01:04	15:45:21	15:47:50	0:02:29
15:29:58	15:30:37	0:00:39	15:39:00	15:40:12	0:01:12	15:45:45	15:48:00	0:02:15
15:29:59	15:31:43	0:01:44	15:39:05	15:40:16	0:01:11	15:45:47	15:48:12	0:02:25
15:30:01	15:31:53	0:01:52	15:39:10	15:40:22	0:01:12	15:45:59	15:48:19	0:02:20
15:30:20	15:32:03	0:01:43	15:39:27	15:40:32	0:01:05	15:46:15	15:48:24	0:02:09
15:30:26	15:32:10	0:01:44	15:39:36	15:40:39	0:01:03	15:46:18	15:48:30	0:02:12
15:30:29	15:32:21	0:01:52	15:39:54	15:42:33	0:02:39	15:46:25	15:49:10	0:02:45
15:30:51	15:32:29	0:01:38	15:40:31	15:44:07	0:03:36	15:47:25	15:49:15	0:01:50
15:31:09	15:32:36	0:01:27	15:40:50	15:44:19	0:03:29	15:48:15	15:49:22	0:01:07
15:31:13	15:32:44	0:01:31	15:40:50	15:44:23	0:03:33	15:48:20	15:49:25	0:01:05
15:31:45	15:32:48	0:01:03	15:40:55	15:44:29	0:03:34	15:48:30	15:49:29	0:00:59
15:31:50	15:32:51	0:01:01	15:41:09	15:44:29	0:03:20	15:48:30	15:49:35	0:01:05
15:32:15	15:33:29	0:01:14	15:41:55	15:44:39	0:02:44	15:48:30	15:49:40	0:01:10
15:32:29	15:33:32	0:01:03	15:41:55	15:44:52	0:02:57	15:48:35	15:49:47	0:01:12
						15:48:45	15:49:50	0:01:05
						15:49:00	15:49:57	0:00:57
						15:49:25	15:49:59	0:00:34
						15:49:30	15:50:11	0:00:41

Příloha G: Standardní hodnoty pro výpočet mezičasů dle TP 81

Standardní hodnoty pro výpočet mezičasů	
Vyklizovací, resp. najížděcí rychlosti	
Druh vozidla	rychlost [m/s]
Motorová vozidla	
v přímém směru	9,7
v oblouku	7
Tramvaje	
v přímém směru a v obloucích o poloměru 60 m nebo větším v úsecích bez kolejových konstrukcí	7
v obloucích o poloměru menším než 25 m	4,2
v místech výhybek a kolejových křižovatek (s výjimkou jízdy přes výhybky proti hrotům do odbočky)	4,2
v místech výhybek při jízdě proti hrotům do odbočky	2,8
cyklisté	4,2
chodci	1,4
Délka vyklizovacích vozidel	
Druh vozidla	délka [m]
Motorová vozidla	5
tramvaje	15
cyklisté	0
chodci	0
Bezpečnostní doba	
Druh vozidla	čas [s]
Motorová vozidla	2
tramvaje	0
cyklisté	1
chodci	0

Příloha H: Označení směrů průjezdu vozidel křižovatkou Závodní - Moravská



Příloha CH: Tabulky mezičasů mezi jednotlivými fázemi

1. kombinace 1 – 2 – 3

hodnota tm z 1 fáze do 2 fáze [s]			
Vyklizuje	Najíždí		
	C8	C7	B6
A2		1	3
A3		1	
T1		2	
T2		2	
P1		0	5
P2		2	1

hodnota tm z 2 fáze do 3 fáze [s]		
Vyklizuje	Najíždí	
	B4	B6
C8	1	
C7	3	
B6		

hodnota tm z 3 fáze do 1 fáze [s]						
Vyklizuje	Najíždí					
	A2	T1	T2	C8	P1	P2
B4	3	2	2	5	0	0
B6	3				0	0

2. kombinace 1 – 3 - 2

hodnota tm z 1 fáze do 3 fáze [s]		
Vyklizuje	Najíždí	
	B4	B6
A2	3	3
A3		
T1	1	
T2	1	
C8	1	

hodnota tm z 3 fáze do 2 fáze [s]			
Vyklizuje	Najíždí		
	C8	C7	B6
B4	4	3	
B6			

hodnota tm z 2 fáze do 1 fáze [s]							
Vyklizuje	Najíždí						
	A2	A3	T1	T2	C8	P1	P2
C8							
C7	4	5	2	1		3	0
B6	3					0	0

Příloha I: Koeficienty pro výpočet fiktivního zatížení M

k_s ... šířkový koeficient [-] – koeficient zohledňující šířku příslušného řadícího pruhu:

- 2,75 m $k_s = 1,15$,
- 3,0 až 3,5 m $k_s = 1,00$,
- 3,75 m $k_s = 0,85$,

k_s ... koeficient sklonu [-] – koeficient zohledňující sklonové poměry příslušného řadícího pruhu, přičemž pro stoupání:

- + 3,5 % $k_s = 1,10$,
- + 5,0 % $k_s = 1,15$

a pro klesání:

- - 3,5 % $k_s = 0,90$,
- - 5,0 % $k_s = 0,85$,

k_R ... koeficient poloměru odbočování [-] – koeficient zohledňující poloměr odbočování příslušného řadícího pruhu:

- 10 m $k_R = 1,15$,
- 15 m $k_R = 1,10$,
- 30 m $k_R = 1,05$,

k_{odb} ... koeficient odbočujících [-] – koeficient zohledňující poměr odbočujících a přímo jedoucích vozidel v příslušném společném řadícím pruhu, je-li podíl odbočujících vozidel:

- 10 % $k_{odb} = 1,05$,
- 20 % $k_{odb} = 1,10$,
- 30 % a více $k_{odb} = 1,20$,

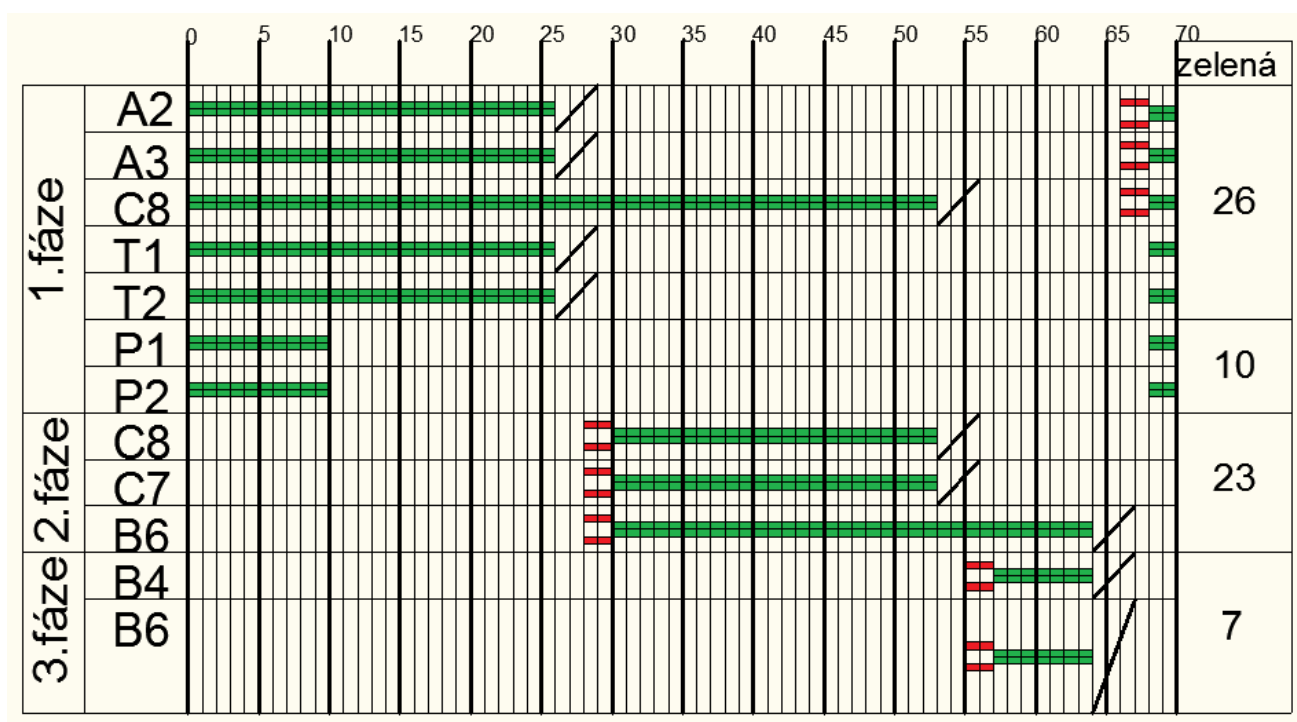
k_{ch} ... koeficient chodců [-] – zohledňující vozidla příslušného řadícího pruhu, odbočující současně s přecházejícími chodci přes přechod pro chodce, je-li zatížení přechodu pro chodce:

- Slabé $k_{ch} = 1,00$,
- Střední $k_{ch} = 1,10$,
- Silné $k_{ch} = 1,20$,

k_n ... koeficient počtu řadících pruhů pro tentýž směr na jednom vjezdu [-] – zohledňuje se počet těchto řadících pruhů a jejich šířka v metrech:

- 2 pruhy (3,5 m) $k_n = 1,05$,
- 2 pruhy (3,0 m) $k_n = 1,10$,
- 3 pruhy (3,0 m) $k_n = 1,15$.

Příloha J: Signální plán křižovatky Závodní - Moravská



Červenou barvou je znázorněn signál: červené světlo + žluté světlo současně.

Zelenou barvou je znázorněn signál: zelené světlo.

Lomenou černou čarou je znázorněn signál: žluté světlo.

Pole bez barvy a lomené čáry znázorňuje signál: červené světlo.

Jednotlivé číselné hodnoty jsou uvedeny v sekundách.